

# Lastinkäsittelyn automatisointi ja mekanisointi Suomen satamissa ja suomalaisissa aluksissa



Merenkululaitos

Helsinki 1999  
ISBN 951-49-0909-7  
ISSN 1456-7814

# Lastinkäsittelyn automatisointi ja mekanisointi Suomen satamissa ja suomalaisissa aluksissa



7760





Tekijä(t) Seppo Holmberg, tutkimusryhmän johto, EP		Julkaisun laji Tutkimusraportti	
Esa Eerikäinen, Jani Tikkanen, EP-Logistics		Toimeksiantaja Liikenneministeriö & Merenkulkulaitos	
Risto Aapro, Suunnittelukeskus Oy			
Julkaisun nimi Lastinkäsittelyn automatisointi ja mekanisointi Suomen satamissa ja suomalaisissa aluksissa			
Tiivistelmä <p>Ulkomaankaupassa lisääntyvä rahdin yksiköinti, kasvava kustannustietoisuus, työvoimakysymysten ongelmat sekä alustyyppien muutokset lisäävät koko ajan paineita terminaalitoimintojen kehittämiseksi automatiikkaa ja uudenlaisia mekatronisia ratkaisuja hyväksikäyttäen.</p> <p>On täysin mahdollista, että ajaututaan tilanteeseen, jossa konventionaalinen terminaalin toimintakonsepti ei enää sovellu esimerkiksi intermodaalikuljetusten yhteyteen. Nykyisillä järjestelmillä jatkettaessa satamien tilantarve kasvaa koko ajan. Jotta kasvua voidaan hillitä, on kehitettävä yhä tehokkaampia koneita, muutettava työskentelyä joustavammaksi tai lyhennettävä varastointiaikoja ja vähennettävä tavarantoiminnan muuta käsittelyä satamissa. Tähän pakottavat osaltaan myös asiakkaiden vaatimukset tehokkuuden maksimoinnista ja palvelujen joka hetkistä käytettävyydestä; kaikki tämä tapahtuu samanaikaisesti kun operaattorin käyttämän käsittelyjärjestelmän kustannukset olisi minimoitava. Terminaalitoimintojen asteittainen automatisointi on eräs vastaus haasteisiin.</p> <p>Kuljetus- ja käsittelyjärjestelmät suunnitellaan maantieteellisten ja infrastruktuurin olosuhteiden perusteella sekä kuljetuspalveluvaatimusten määrän ja halutun laadun mukaan. Lastinkäsittelyn automatisointi- ja mekanisointitrendenssejä Suomen satamissa ja suomalaisissa aluksissa on tarkasteltu koko kuljetusketjun osalta. On myös pyritty löytämään ne sataman ulkopuoliset tahot, joilla on huomattava vaikutus sataman ja koko toimitusketjun läpimenoaikaan. Sataman toiminnan tehokkuuden nostamisen ohella tärkeää on suomalaisen perusteellisuuden etujen ja tarpeiden huomioon ottaminen. Toisinsanoen tuotantolaitoksen, satamaoperaattorin ja rahdinkuljettajien toimintojen kehittämisen tärkeimpänä tavoitteena olisikin tutkia ja ottaa käyttöön taloudellisia sekä tilankäytöltään optimaalisia kuljetusyksiköitä ja -järjestelmiä, jotka kattavat koko kuljetusketjun.</p> <p>Suomen satamia yhdistäväksi tekijäksi voidaan katsoa monipuolisuus ja tietyn asteinen erikoistumattomuus. Satamien yleisluonteesta johtuen lähes kaikki Suomen satamat pystyvät palvelemaan kaikkia kappaletavaraa kuljettavia alustyyppisiä. Tämä mahdollistaa laajan asiakaskunnan, mutta samalla erikoistumisesta saatavat suuremmat volyymit, tehokkuuden kasvu ja kustannussäästöt jäävät saamatta. Suoritetun tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että Suomen satamissa ja suomalaisissa aluksissa lastinkäsittelyn automatisointi ottaa ensiaskeleitaan. Osittain tämä voidaan selittää pienillä tavaravirroilla. Yhtään automaattista kokonaisjärjestelmää ei ole käytössä, joitakin yksittäisiä kokeiluasteella olevia laitteita on toiminnassa eräissä satamissa. Konttien ja muiden suuryksiköiden käsittelyyn liittyvät toiminnot ovat potentiaalisin automatisoinnin kohde lähitulevaisuudessa.</p>			
Avainsanat (asiasanat) Automaatio, intermodalismi, kuljetusketju, lastinkäsittely, yksikköliikenne			
Muut tiedot Tutkimuksesta on julkaistu myös tämän julkaisun kanssa samansisältöinen Cd-rom -tallenne.			
Sarjan nimi ja numero Merenkulkulaitoksen julkaisuja 3/99		ISSN 1456-7814	ISBN 951-49-0909-7
Kokonaissivumäärä 113	Kieli suomi	Hinta 100 mk	Luottamuksellisuus julkinen





Författare (uppgifter om organet: organets namn, ordförande, sekr.) Seppo Holmberg, ordförande, EP		Typ av publikation Forskningsrapport	
Esa Eerikäinen, Jani Tikkanen, EP-Logistics		Uppdragsgivare Trafikministeriet & Sjöfartsverket	
Risto Aapro, Suunnittelukeskus Oy			
Publikation (även den finska titeln) Automation och mekanisering av lasthanteringen i Finlands hamnar och på finländska fartyg (Lastinkäsittelyn automatisointi ja mekanisointi Suomen satamissa ja suomalaisissa aluksissa)			
Referat <p>I utrikeshandeln ökar den tilltagande användningen av enhetslaster, det växande kostnadsmedvetandet, problem i anknytning till användningen av arbetskraften samt förändrade fartygstyper behovet att utveckla terminalfunktionerna med automatik och nya mekatroniska lösningar.</p> <p>Det är fullt möjligt att man hamnar i en situation, där en terminals konventionella verksamhetskoncept är oförenligt med intermodala transporter. Hamnarnas utrymmesbehov ökar hela tiden om man fortsätter med de nuvarande systemen. För att hejda denna ökning, måste man utveckla allt effektivare maskiner, arbeta mera flexibelt eller förkorta lagerhållningstiderna och reducera övrig hantering i hamnen. Även kundernas krav på maximal effektivitet och kontinuerlig tillgänglighet av tjänsterna tvingar därtill: allt detta sker samtidigt som de operativa kostnaderna för operatörens lasthanteringssystem borde minimeras. En gradvis automation av terminalfunktionerna är ett svar på dessa utmaningar.</p> <p>Transport- och hanteringssystemen planeras på basen av geografiska- och infrastrukturella förhållanden samt det kvantitativa och kvalitativa behovet av transporttjänster. Automations- och mekaniseringstendenserna inom lasthanteringen i finländska hamnar och på finländska fartyg har studerats för hela transportkedjan. Man har även försökt identifiera de utanför hamnen stående parter som i hög grad påverkar leveranskedjans leveranstid. Förutom höjningen av hamnarnas effektivitet är det viktigt att ta hänsyn till den finländska basindustrins intressen och behov.</p> <p>Med andra ord vore det viktigaste syftet vid utvecklingen av produktionsanläggningars, hamnoperatörers och befraktares verksamhet, att undersöka och införa ekonomiska och ytbehovsmässigt optimala transportenheter och -system, som omspannar hela transportkedjan.</p> <p>Mångsidighet och en viss brist på specialisering kan ses som en förenande faktor för Finlands hamnar. På grund av hamnarnas allmänna natur, kan nästan alla finländska hamnar betjäna samtliga fartygstyper som transporterar styckegods. Detta möjliggör en stort kundunderlag, men samtidigt uteblir de via specialisering potentiella större volymerna, effektivitetsökningarna och kostnadsinbesparingarna. På basen av utredningen kan man konstatera, att automationen av lasthanteringen i Finlands hamnar och på finländska fartyg tar sina första steg. Delvis kan detta förklaras med små transportflöden. Inget automatiskt totalsystem är i bruk. Vissa hamnar har några enstaka i försöksstadiet varande anläggningar i bruk. Funktionerna för hanteringen av containers och andra storenheter är det mest potentiella objektet för automation i den närmaste framtiden.</p>			
Nyckelord Automation, intermodala transporter, transportkedja, lasthantering, enhetstrafik			
Övriga uppgifter En Cd-Rom skiva med samma innehåll som denna utredning har också publicerats (på finska och engelska)			
Seriens namn och nummer Sjöfartsverkets publikationer 3/99		ISSN 1456-7814	ISBN 951-49-0909-7
Sidoantal 113	Språk finska	Pris 100 FIM	Sekretessgrad Offentlig





Authors (from body; name, chairman and secretary of the body) Seppo Holmberg, Head of Consortium, EP		Type of publication Research study	
Esa Eerikäinen, Jani Tikkanen, EP-Logistics Ltd		Assigned by Ministry of Transport and Communications & Finnish Maritime Administration	
Risto Aapro, Plancenter Ltd			
Name of the publication Automation and mechanisation of cargo handling in Finnish ports and ships			
Abstract <p>The increasing unitisation of cargo in foreign trade and the growing knowledge on costs involved as well as difficulties with labour resources have induced intentions towards other means of cargo handling in port environment. One supporting element to this trend is the innovations made within the shipbuilding industry. In one these factors have set requirements on the development and implementation of automation and mechatronics in the scope of terminal operations.</p> <p>In the future it is possible to drift to a situation, where the conventional terminal concept is not applicable to meet the enhanced standards of e.g. intermodalism. The terminal areas expand constantly. To control and avoid this kind of unnecessary growth new concepts have to be invented. In essence this requires more efficient handling equipment, possibilities to flexible use of resources. Other imaginable approach is to decrease the throughput times in terminal or to reduce cargo handling in port. The shipping market is nowadays extremely customer oriented. For ports this means maximisation the overall effectiveness and the services provided have to be invariably available. Since the costs can not be diminished unlimitedly, the automation of activities is a logical solution to confront the altered situation.</p> <p>The tendencies of cargo handling automation in Finland are studied in this context comprehensively covering the whole transport chain. This allowed taking the interests of basic industry into consideration, what is inevitable when developing new systems and models. It should be emphasised that all operating parties involved are obliged to participate in development projects.</p> <p>The versatility is common to all Finnish ports. Supplied services in almost every port cover the variety of different means of maritime transportation. The lack of specialisation in ports generates many obstacles in the implementing process of automated systems. The automation in Finnish port sector is taking its first steps. There is not any comprehensive system in use. There exist some individual development projects on experimental level in few ports. The most potential target for automation in the near future is related to the handling operations of containers and other cargo units.</p>			
Keywords automation, intermodalism, transport chain, cargo handling, unitisation			
Miscellaneous A Cd-rom is published also. The contents are identical, even if there is some additional information included in multimedia product.			
Serial name and number Publications of the Finnish Maritime Administration 3/99		ISSN 1456-7814	ISBN 951-49-0909-7
Pages, total 113	Language Finnish	Price 100 FIM	Confidence status Public



ESIPUHE	3
1 TEHTÄVÄRAJAUS, TERMINOLOGIA, LYHENTEET	5
2 JOHDANTO	8
2.1 Yleistä	8
2.2 Mekanisoinnin ja automatisoinnin tarve satamissa	10
3 KULJETUSKETJUT TEHTAALTA SATAMAAN	11
3.1 Nykyisiä kuljetusketjuja	11
3.1.1 Tehdaskäsittely	12
3.1.2 Satamakäsittely	13
3.1.3 Laivaustoiminnot	14
3.2 Kuljetusketjuissa käytetty tekniikka	15
3.2.1 Käsittely tehtaalla	16
3.2.2 Satamakäsittely	17
4 SUOMEN SATAMISSA KÄYTETTÄVÄT MENETELMÄT JA TEKNIIKAT	20
4.1 Erilaisten lastityyppien käsittely	21
4.1.1 Kuormalavat	21
4.1.2 Sahatavara ja sellu	21
4.1.3 Paperirullat	21
4.1.4 Kontit	22
4.2 Uusimmat menetelmät Suomen satamissa	24
4.2.1 Hamina	24
4.2.2 Turku	25
4.2.3 Kotka	25
4.2.4 Pori	26
4.2.5 Rauma	27
4.2.6 Helsinki	27
5 AUTOMATIIKAN KÄYTTÖ ULKOMAISISSA SATAMISSA	28
5.1 Rotterdam	28
5.2 Singapore	28
5.3 Thamesport	28
5.4 Nosturiteknikka ja ohjausjärjestelmät	29
6 TEOLLISUUDESTA SATAMIIN SOVELLETTAVISSA OLEVAT TEKNOLOGIAT	30
6.1 Varastotyypit ja niiden sisäiset kuljetusjärjestelmät	30
6.1.1 Korkeavarastot	30
6.1.2 Läpivirtausvarastot	31
6.1.3 Satelliittivarastot	31
6.1.4 Varastotalo ilman erillisiä hyllystöhisseejä (Activ)	31
6.1.5 Ilmatyynyvaunut	32
6.1.6 Vihivaunut	32

6.1.7	Kiskovaunut	32
6.1.8	Siltanosturit/pukkinosturit	33
6.1.9	Rakennusnosturit	33
6.1.10	Monorail	34
6.2	Automaattinen tunnistus ja atk-järjestelmät	34
7	LASTINKÄSITTELYAUTOMAATION TUTKIMUS- JA KEHITYSTYÖ	36
7.1	Satama-alan tavarankäsittelyä koskeva tutkimus ja kehitys Suomessa	36
7.2	Satama-alan tavarankäsittelyä koskeva tutkimus ja kehitys ulkomailla	38
7.3	Aluksien lastinkäsittelyyn liittyvä tutkimus ja kehitys	42
7.4	Innovaatiot aluksissa	43
7.4.1	Automaattinen lastin kiinnitysjärjestelmä	45
7.4.2	Case Stora - Wagenborg Shipping	45
8	UUSIEN MENETELMIEN JA RATKAISUJEN KEHITTÄMINEN	47
8.1	Yleistä	47
8.2	Nykyisten kuljetusketjujen ongelmakohtia	47
8.2.1	Tiedonkulkuun liittyviä ongelmia	47
8.2.2	Lastinkäsittelyn ja varastoinnin ongelmia	48
8.2.3	Resurssien hallinnan ongelmia	48
8.3	Lastinkäsittelyautomaatiikan kehittäminen	49
8.3.1	Automaattinen käsittely-yksikkö	52
8.3.2	Kontitus	52
8.3.3	Sahatavaran automaattinen käsittely	53
8.3.4	Kontit	53
8.4	Ratkaisujen taloudellinen arviointi	55
8.4.1	Kemiallisen metsäteollisuustuotteiden "terminaali"	56
8.4.2	Tarvittavat laiteinvestoinnit	58
9	TULOKSET, YHTEENVETO JA ERI OSA-ALUEIDEN KEHITTÄMINEN	59
9.1	Yleistä	59
9.2	Lastinkäsittely ja sen kehittäminen Suomen satamissa	59
9.2.1	LoLo-järjestelmät	60
9.2.2	RoRo-sovellukset	60
9.2.3	Terminaalitoiminnot	60
9.2.4	Kehityskohteet	62
9.3	Kehitysnäkymiä	62
9.3.1	Konttikäsittelyn kehitysnäkymiä	63
9.3.2	Kemiallisen metsäteollisuuden kehitysnäkymiä	65
9.3.3	Sahatavarakäsittelyn kehitysnäkymiä	66
9.4	Johtopäätökset	66
9.4.1	Automaation käyttöönoton perusedellytykset	66
9.4.2	Automaation käyttöönoton nykytila	67
9.4.3	Automaatiikan soveltaminen aluksissa	67
9.4.4	Automaatiikan käyttöönoton tarve ja mahdollisuudet	68



## ESIPUHE

Suomen kannalta tärkeä metsäteollisuuden rakennemuutos alkoi muutama vuosi sitten ja jatkuu edelleen. Toiminta keskittyy yhä harvalukuisempiin ja suurempiin yrityksiin. Metsäteollisuudesta tulee entistä globaalimpi toimiala yritysten toiminnan laajetessa perinteisiltä markkina-alueilta uusiin maanosiin. Lastinkäsittelyn automatisoinnin kannalta vastaavanlainen toimintojen keskittyminen asettaa uusia vaatimuksia, mutta samalla se luo myös uusia mahdollisuuksia järjestelmien kehittämiseksi.

Tavarankäsittelykustannuksilla on suora yhteys siihen tasoon, jolla saatuja resursseja, käytössä olevaa aluetta, tekniikkaa ja toimintoja ohjaavien järjestelmien älykkyyttä käytetään hyväksi. Käsité tekniikka pitää tässä sisällään ne siirto- ja käsittelykoneet, joiden avulla satamien sisäiset siirrot ja yksiköiden käsittely toteutetaan. Tähän tarkoitukseen on tänään olemassa laaja valikoima luotettavia koneita ja välineitä. Niiden tehokkuutta, käyttöastetta tai huoltoa tuskin voidaan enää kovin paljon tehostaa. Ainoa merkittävä alue, jolla enää uskotaan löytyvän merkittävää potentiaalia laajemmalle edelleen kehittämiseksi, on toimintojen ohjausjärjestelmien kehittäminen.

Älykkäitä ohjausjärjestelmiä on ollut käytössä jo jonkin aikaa erilaisissa tuotantolaitoksissa ja muissa kuin satamavarastoissa. Ilman näiden elektronisten tietojenkäsittelyjärjestelmien käyttöä monimutkaisten tavaravirtajärjestelmien ohjausta ja hallintaa ei voitaisi taloudellisesti toteuttaa.

Kuljetus- ja käsittelyjärjestelmät suunnitellaan maantieteellisten ja infrastruktuurin olosuhteiden perusteella sekä kuljetuspalveluvaatimusten määrän ja halutun laadun mukaan. Yhä kiristyvät vaatimukset toimitusnopeudesta ja tietosisällön tarkkuustasosta sekä reaaliaikainen tieto siitä, missä tavara kulloinkin on menossa aikaansaavat sen, että järjestelmien nopeus ja luotettavuus on kehittynyt ohi sen pisteen, jonka jälkeen ihmisen kyky hallita tehtäviä manuaalitoiminnoin ei enää riitä. Edellä esitetyt seikat, jotta satama edelleen voisi palvella asiakkaitaan hyvin, vaativat tavarankäsittelyyn automatiikkaa ja tietojenkäsittelyyn reaaliaikaisuutta. Tähän pakottavat osaltaan myös asiakkaiden vaatimukset tehokkuuden maksimoinnista ja palvelujen joka hetkisestä käytettävyydestä; kaikki tämä samanaikaisesti kun operaattorin käyttämän käsittelyjärjestelmän kustannukset olisi minimoitava.

Keskustelu automaation käyttöönotosta on aivan viime aikoina tullut ajankohtaiseksi myös satamissa. Kaikki osatekijät ovat olemassa: sataman tavarankäsittelyjärjestelmä voidaan automatisoida.

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan satama-automaation tilaa Suomessa samanaikaisesti kun sitä verrataan yleismaailmalliseen tasoon. Tutkimus on osa laajempaa EU:n TEN-budjetin kautta tuettua tutkimuskokonaisuutta "Development of Finland's Sea Infrastructure" 1995-1998. Työn tavoitteena on tutkia taloudellisia ja teknisiä edellytyksiä erityyppisten lastien automaattiseen lastinkäsittelyyn ja hallintaan ja selvittää näin mahdollisuuksia kustannusten ja lastivaurioiden vähentämiseen sekä ajankäytön tehostamiseen Suomen satamissa.



Tutkimuskokonaisuuden osana on aikaisemmin toteutettu:

- Merenkulun talviliikenteen kehittäminen
- Uuden jäänmurtajatyyppin kehittäminen MKL
- Jäänmurtaajien informaatiojärjestelmän kehittäminen (IBNet) MKL/ruotsal.
- Sisävesien talviliikenteen kehittäminen MKL
- Integroitujen vesitiekuljetusten kehittäminen
- Suorat vesitiekuljetukset Keski-Eurooppaan MKL/LM
- Uusien alustyyppien kehittäminen
- Logistinen taustaselvitys (Sea Bridge Concepts) MKL/LM
- Suomen merenkulkuyhteyksien turvaaminen
- Taustaselvitys (Finland's Sea Bridges) LM
- Transitoliikenteen kansantaloudelliset vaikutukset LM
- Vesiliikenteen tehokas ja oikeudenmukainen hinnoittelu MKL/LM

Satama-automaatiotutkimuksen ovat tilanneet:

Liikenneministeriön merenkulkuyksikkö ja  
Merenkululaitoksen kartta- ja väyläosasto

Tutkimuksen edistymistä on ohjannut johtoryhmä, johon ovat kuuluneet seuraavat henkilöt:

Taneli Antikainen, Merenkululaitos  
Sauli Eloranta, Kvaerner Masa-Yards Inc.  
Harry Favorin, liikenneministeriö  
Torsten Grandell, Transfennica Oy  
Hans Martin, Finnsteve Oy  
Jouko Vuoristo, Merenkululaitos

Työ aloitettiin elokuussa 1997 ja se saatiin päätökseen 31.12.1998.

Tutkimustyön suorittamisesta vastasivat seuraavat henkilöt:

Esa Eerikäinen, EP-Logistics Oy  
Seppo Holmberg, EP-Logistics Oy  
Asko Sipari, EP-Logistics Oy  
Jani Tikkanen, EP-Logistics Oy  
Risto Aapro, Suunnittelukeskus Oy sekä  
Jorma Nummenpää, Suunnittelukeskus Oy

Tutkimustulokset julkaistaan normaalina raporttina Liikenneministeriön julkaisusarjassa. Tämän lisäksi raportti esitellään erillisessä julkistamistilaisuudessa Liikenneministeriön Jugend-salissa 3.2.1999. Tässä tilaisuudessa raportti esitellään multimedian keinoin.

# 1 TEHTÄVÄRAJAUS, TERMINOLOGIA, LYHENTEET

## Tehtävärajaus

Tutkimuksen pääkohteiksi on valittu kemiallisen- ja mekaanisen metsäteollisuuden tuoteryhmät sekä muut sellaiset tuotteet, joiden pakkausmuoto, koko ja paino täyttävät perusvaatimukset automaattiselle käsittelylle. Tähän ryhmään kuuluvat esimerkiksi paletisoidut tuotteet ja kontit.

Irtotavarat on rajattu tutkimuksen ulkopuolelle.

Tutkimuksessa analysoidaan lastin ja aluksen keskinäistä teknistä vastaavuutta sekä mahdollisuuksia lisätä satamakäsittelyn automatisointiastetta.

Tavaran käsittelyyn kuuluvana osana ohjaus- ja hallintajärjestelmät eivät sisälly tutkimuksen piiriin. Niiden merkityksestä ja kehitystarpeista automaation osatekijänä mainitaan vain asiayhteyksissä tarvittavalla tarkkuudella.

## Terminologia

Satama-alan terminologian erikoisuudesta johtuen esitetään aivan aluksi raportin tekstissä esiintyvät tärkeimmät ilmaisut ja lyhenteet lukemisen helpottamiseksi. Sanastoa esitetään seuraavassa jonkin verran laajempaan kuin se tekstiä tukevana saattaisi olla tarpeellista.

**AGV**, automatic guided vehicle, vihivaunu, automaattisesti ohjautuva kuljetus-, siirtoalusta.

**Automatisointi**, toistuva koneen tai muun laitteen suorittama toiminto, jonka operointi, ohjaus ja valvonta perustuvat laitteen omien tunnistimien antamiin viesteihin ilman ihmisen vaikutusta. Automaatioaste määräytyy sen mukaan, missä määrin koneen tai laitteen toimintaan puututaan ulkopuolelta.

**EDI**, organisaatioiden välinen elektronisesti tapahtuva tiedonvälitys.

**Intermodaaliliikenne**, kuljetusketju, jossa samaa kuljetusyksikköä kuljetetaan avaamatta kahdella tai useammalla eri kuljetusmuodolla.

**ISTEA**, laki, jonka alaisuudessa USA:n intermodaaliliikennettä kehitetään ja valvotaan.

**Kasetti**, Siirtovaunulla liikuteltava pyörätön lastialusta.

**Kontinentti**, kaupallisena- ja rahtauskäsitteenä Manner-Euroopan satamat, alkaen Hampurista ja päättyen Le Havreen, voi jatkua aina Gibralttarille saakka. Selventävänä lausekkeena käytetään aluemäärittelyä (Hamburg-Le Havre tai Hamburg - Gibraltar).

**Kontti**, (container), 10', 20', 30, 40' tai 45' pitkä, standardin mukaan metallista valmistettu tukeva alusta, joka kansainvälisen tyyppimerkinnän mukaan varustetaan päädyillä, laidoilla, katolla, jäähdytyskoneistolla jne. Kontin suurin sallittu kuormitus sekä kulmissa sijaitsevien nostokohtien mitoitus sekä tunnistamiseen käytetyt numero- ja kirjainsarjat määräytyvät myös kansainvälisen kaavan mukaisesti.

**Konttipukkinosturi**, (Ship to Shore Gantry, SSG), laivan ja laiturialueen väliseen konttien siirtoon tarkoitettu nostolaite.



**Konventionaalinen alus,** purkaus ja lastaus tapahtuu satamanostureiden tai laivan oman puomiston / kansinostureiden avulla nostamalla laiturilta laivan lastitiloihin.

**Kumipyöränosturi,** (Rubber Tyred Gantry, RTG), konttien varastointiin ja auto- sekä junaliikenteen hoitamiseen kentältä tarkoitettu nostolaite.

**Kurottaja,** (Reach Stacker, RS), etupäässä raskaan lastin käsittelyyn kehitetty kone jossa noston / ajon aikana taakka sijaitsee tukipyörien ulkopuolella. Taakan nosto tapahtuu teleskooppipuomiin liitetyn tarttujan avulla pystysuoraan. Nimensä mukaisesti omaa laajan toimintasäteen.

**Lauttavaunu,** terminaalitraktorilla vedettävä pyörällinen lastialusta.

**Lukki,** (straddle carrier, SC), alkuaan puutavaran, myöhemmin konttien siirtoon suunniteltu vaunu, jossa taakka sijaitsee tukijalkojen välissä.

**Mega-Hub,** Noell:n kehittämä konttien käsittelyjärjestelmä junille ja autoille maaterminaleihin.

**Mekanisointi,** toistuva apuvälineen tai muun mekaanisen laitteen säännöllisesti toistuva suorite, jonka käyttö, ohjaus ja valvonta perustuu ihmisen antamiin signaaleihin.

**Mekatroniikka,** yhdistelmä sanoista mekaniikka ja elektroniikka. Kyse on tietotekniikan, mekaniikan ja elektroniikan yhdistämisestä siten, että koneiden ja laitteiden älykkyystaso ja samalla joustavuus, taloudellisuus sekä luotettavuus paranevat.

**Operaattori,** (ahtaja), tavaran fyysiseen käsittelyyn ja siihen liittyviin logistisiin palveluihin erikoistunut yritys.

**Peräportti,** laivan rakenteisiin kuuluva saranoitu silta, jonka avulla RoRo-alus yhdistetään laituriin.

**Peräporttialus,** (roll on-roll off, RoRo), lasti ajetaan tai valmiit yksiköt vedetään terminaalitraktoreiden avulla laivasta / laivaan, esimerkiksi peräportin kautta.

**Satama-alue,** aidalla eristetty alue, jossa on meri- ja maakuljetusvälineiden sujuvalle tavarankäsittelylle ja varastoinnille tarvittavat puitteet. Satamaan kuuluvat maa- ja vesialueet ja niiden infrastruktuuri ovat Suomessa yleensä kunnan tai satamalaitoksen omistuksessa.

**Satamalaitos,** (Port Authority, PA), Suomessa yleiset satamat ovat osa ylläpitäjäkuntiansa hallintoa, pääasiassa kunnallisia liikelaitoksia. Satamalaitos vastaa hallinnosta ja sataman infrastruktuurista, sekä tuottaa liikennettä ja lastinkäsittelyä tukevia palveluja. Satamalaitoksen ja operaattorin välinen työnjako vaihtelee eri satamissa.

**Satamamaksu,** satamanpitäjän perimiä alus-, tavara- ja jätehuoltomaksuja.

**Short-Sea Shipping,** vastakohta valtamerikuljetuksille, sisältää lyhyen matkan syöttöliikenteen, tyypillistä esim. Suomen ja ulkomaiden välisille merikuljetuksille.



**Sivuportti**, (side door, Si-Do), laivan sivuportin kautta tapahtuva lastinkäsittely. Yleensä RoRo-aluksen oikeassa kyljessä oleva rakenne, jonka kautta suoritetaan osa aluksen lastauksesta.

**Slinga**, nostoraksi, taakan nostoon tarkoitettu köysi, vyö tai vaijeri.

**Spreader**, kiinteä tai säädettävä ISO-konttien ja kehikoiden nostoon tarkoitettu nosturin apulaite.

**Storo**, (stowable roll on-roll off), lastinkäsittelymenetelmä, jossa lasti vedetään terminaali-traktorien ja perävaunujen avulla laivaan, puretaan trukilla perävaunulta ja sijoitetaan aluksen kannelle.

**Strippaus**, kontin tai perävaunun purkaminen.

**Stuffaus**, kontin tai perävaunun kuormaus.

**Terminaali**, paikka tai varasto, jossa tapahtuu tuotteiden pakkausta, lajittelua, uudelleenlastausta sekä yksiköintiä ja tarvittavaa lyhytaikaista varastointia kuljetustapahtumien välillä.

**Twistlock**, standardin mukainen lasti- ja konttilukko, jolla yksikkö kiinnitetään nostolaitteeseen, kuljetusvälineeseen tai toisiin yksikköihin.

**TEU**, (Twenty foot Equivalent Unit), konttimäärä ilmaistuna 20' (6 m) yksikköinä.

**Transito**, tavarankuljetusta maasta toiseen kolmannen maan kautta sitä siellä tullaamatta.

**Vastapainotrukki**, (Front Loader Truck, FLT), koneellisen (sähkö, nestekaasu, diesel) tavarankäsittelyn peruskone. Noston / ajon aikana taakka sijaitsee tukipyörien ulkopuolella. Taakan nosto tapahtuu runkoon liittyvän maston avulla pystysuoraan.

## 2 JOHDANTO

### 2.1 Yleistä

Intermodaaliliikenteen syntyminen USA:ssa 1980-luvun puolivälissä on vaikuttanut voimakkaasti meriliikenteen ja satamien tehokkuuden kasvamiseen ja kilpailun lisääntymiseen. Euroopassa intermodaalijattelu pyrkii vastaavasti eri lähtökohdista vaikuttamaan samaan<sup>1</sup>. Tällä hetkellä investoidaan paljon ympäristönsuojeluun. Kehittämällä intermodaalikuljetuksia, pyritään liikenne- ja tavaravirrat ohjaamaan maanteiltä vesiliikenteeseen ja rautateille.

Konseptilla saavutetaan, ei vain ekologisia parannuksia kuten vähemmän ilman saasteita, melua ja ruuhkia, vaan myös taloudellisia etuja. Intermodaaliliikenteen kehittäminen sekä tavara- että henkilökuljetuksissa on osa USA:n kansallista kilpailukykystrategiaa ja Euroopassakin hyvin tärkeällä sijalla. EU:ssa on parhaillaan menossa yli 50 intermodaali-kehitysprojektia, USA:ssa projektit toteutetaan ISTEANIMISEN lain alla, jossa 6 vuoden aikana on ollut tarkoitus investoida 155 miljardia dollaria. Tämä investointitavoite ei kuitenkaan ole täysin toteutunut.

Tavaraliikenne muodostaa useimmissa maissa noin 7 % bruttokansantuotteesta ja sen tehokkuus on siitä syystä kansakunnan kilpailukyvyn kannalta merkittävä. Suomessa logistiikan kustannukset ovat muita maita korkeammat johtuen muun muassa talvimerenkulun aiheuttamista lisäkustannuksista. Suomessa logistiikkakustannusten on arvioitu olevan jopa noin 70 Mrd markkaa/vuosi eli yli 10 % bruttokansantuotteesta.

Satamat ovat intermodaaliliikenteen tärkeimmät solmukohdat useimmissa maissa. Samoin laivojen liiketoiminnallisen kannattavuuden keskeinen tekijä on ennen kaikkea nopea purkaus ja lastaus.

Esimerkiksi konttien ja muiden suuryksiköiden yhä laajeneva käyttö mahdollistaa satamien ja laivojen tavarankäsittelyn automaation lisäämisen olemassa olevan teknologian avulla ja mahdollisesti soveltaen muilla alueilla käytössä olevia ratkaisuja.

Kaikista kuljetuksista konttikuljetukset muodostavat nopeimmin kasvavan osuuden, kun muun muassa paperi ja osa kemian tuotteistakin pyritään kontittamaan. Suomen meriliikenteen tonneista kontit ovat noin 10%. Suomesta vietävästä paperista kulkee nykyisin noin 20% konteissa. Helsingin sataman kautta kulkee noin puolet Suomen konttiliikenteestä.

Mantereiden välisissä kuljetuksissa käytetään suuria kontti-, kappale- ja irtolastialuksia, joilla on yleensä yksi lastaus- ja purkaussatama. Suomen kauppalaivasto sen sijaan on pitkälle erikoistunut. Suomen merenkulun erityispiirteitä ovat laivojen lyhyt satamassaoloaika, yksiköidyt lastit, korkea tekninen kehitys ja vaativat luonnonolosuhteet. Nämä ovat johtaneet siihen, että myös alusten on ollut erikoistuttava.

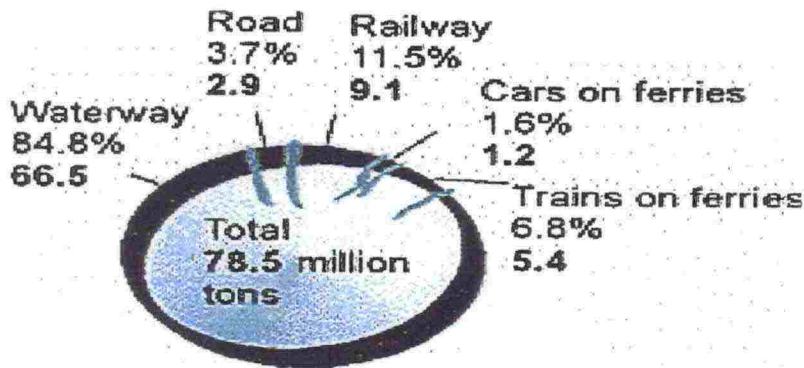
<sup>1</sup> USA:n intermodaaliliikenteen käynnisti kilpailun vapautuminen 1980-luvun alussa ja sitä seurannut länsi- ja itä-Euroopan välinen meriliikenteen yhdistävä junaliikenne, jossa jopa 2 kilometriä pitkissä junissa kuljetetaan kontteja 2 päällekkäin, i. jopa yli 500 TEU/juna ja joiden käyttöönotto nopeutti liikennettä 1-2 viikkoa puhtaaseen merikuljetukseen verrattuna. Euroopassa käynnistävä pakko on ollut ilmansaasteet ja maantieliikenteen ruuhkautuminen useimmissa Keski-Euroopan maissa.



Yleiset satamamme eivät ole tähän mennessä pystyneet erikoistumaan muun muassa ohuista tavaravirroista johtuen. Helsinki muodostaa selvän poikkeuksen. Se on jo usean vuoden ajan selkeästi pyrkinyt profiloitumaan yksikköliikenteensatamaksi.

Suomen satamissa käsiteltiin noin 90 miljoonaa tonnia erilaisia tavaroita vuoden 1997 aikana. Nestemäisen ja kiinteän bulkin osuus ulkomaanliikenteestä oli 54 prosenttia (*Merenkulkuhallitus, meriliikenne Suomen ja ulkomaiden välillä 1997*). Bulktiliikenteessä lastin käsittelyjärjestelmät ovat pitkälle automatisoituja tai mekanisoituja ja edustavat nykyaikaista huipputekniikkaa. Sen sijaan kapp- ja yksikkötavaroiden käsittely tapahtuu meillä edelleen täysin manuaalisesti.

Kuva 1 Suomen ulkomaanliikenteen jakautuminen liikennemuodon mukaan, poislukien transitoliikenne (LM 1996)



Metsä- ja metalliteollisuuden tuotteiden fyysiset ominaisuudet ja yleinen käsiteltävyys kuljetusketjun aikana asettavat korkeat vaatimukset automatisoinnin ja mekanisoinnin teknisille ratkaisuille. Logististen järjestelmien voimakas kehitys on muuttanut kuljetustapahtuman perusrakennetta. Tuotteen ostajalla on yhä suurempi vaikutus pakkauskokoon ja toimituserien suuruuteen, mikä puolestaan vaikuttaa automatiikan käyttöönottoon.

Kuljetusketjun toimivuutta mitataan muun muassa ajassa, laadussa, luotettavuudessa, täsmällisyydessä, saatavuudessa (tiheys) sekä rahassa. Laajimmillaan kuljetustapahtuma edustaa usean eri osapuolen saumattoman yhteistyön tulosta.

Tavaran optimikoko ja -paino sekä pakkauksen muoto ja käsiteltävyys ovat välttämättömiä perusominaisuuksia joustavalle tavarankululle, koska niiden tulee vastata mahdollisimman hyvin seuraavan kuljetusvaiheen tila- tai painokapasiteetin käyttöä. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan sekä kuljetusketjun yksittäisiä osia että koko ketjun toimivuutta.



## 2.2 Mekanisoinnin ja automatisoinnin tarve satamissa

Satamatyössä on havaittavissa kolme erilaista elementtiä. Manuaalinen työ, mekanisoitu työ ja työ, joka on tietointensiivistä ja johon liittyy tiedon automaattista prosessointia. Nämä erityyppiset työt kulkevat rinnakkain. Tällä hetkellä monien periaatteessa yksinkertaisten ja toistuvien toimintojen mekanisointikin on usein vain osittaista ja niihin sisältyy paljon manuaalista työtä. Esimerkkinä tästä käy lastiyskoiden tunnistus, jossa usein vielä tarvitaan ihmissilmää ja tietojen manuaalista syöttöä järjestelmään. Kehittyneissä länsimaissa työvoiman kustannuksilla on usein suuri merkitys ja lisäksi ihmisten tekemän mekaanisen ja yksitoikkoisen työn osuutta pyritään pienentämään teknisin keinoin.

Mekanisointi- ja automatisointi-investoinnit on voitava perustella taloudellisesti. Alla on listattu tärkeimmät vaikutuskohteet, joihin lastinkäsittelyn automatisoinnilla pyritään vaikuttamaan.

- *pienempi henkilöstö*: samalla henkilökunnalla voidaan käsitellä kasvava liikenne
- *vähentynyt odotus ja tavaran etsintä*: uusien koneiden ostotarve vähenee, henkilöstö voi keskittyä oleelliseen
- *nopeampi käsittely*: uusien koneiden ostotarve vähenee, henkilöstö ehtii enemmän
- *käsittelyn oikea priorisointi*: vähentää kalliiksi koettua odotusta halvaksi koetun kustannuksella
- *tavaran vahinkojen vähentyminen*: korvaukset alenevat, asiakastytytyväisyys tuo lisää työtä
- *nopea varaston kierto*: asiakkaiden sitoutunut pääoma pienenee, asiakkaat voivat pienentää toimitusaikojaan
- *pienempi pinta-ala*: laajennustarve vähenee
- *pienempi laituritarve*: laajennustarve vähenee
- *nopeampi autojen/junien/laivojen purku/lastaus*: näihin sitoutuneen pääoman tuotto kasvaa.

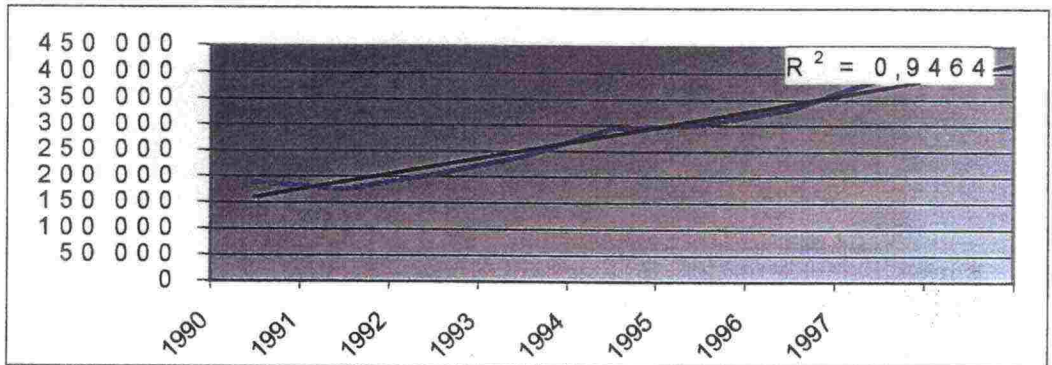
### 3 KULJETUSKETJUT TEHTAALTA SATAMAAN

#### 3.1 Nykyisiä kuljetusketjuja

Liikenneministeriön tutkimuksessa ”Suomalaisten kuljetusyritysten kilpailukyyn vertaaminen ja kehittäminen” (21/97) tavaranto kunto ja sen säilyminen läpi kuljetusketjun nähtiin yhtenä tärkeimpänä perustekijänä määriteltäessä asiakastyytyväisyyttä. Jokainen tavaraan kohdistuva kuljetus tai fyysinen käsittely aiheuttaa riskin tavaranto kunnan säilymiselle. Kuljetusketjun kehittäminen suuntautuukin erittäin voimakkaasti fyysisten, suoraan tuotteeseen kohdistuviin käsittelykertojen vähentämiseen, inhimillisten erehdysten minimointiin ja koko kuljetusketjuun sopivien uudentyyppisten ”suuralustojen” luomiseen.

Suomessa Intermodaaliyksikköjen kuormaaminen lähetyspaikalla tai satamassa siten, että tavaraan kohdistuva seuraava fyysinen käsittely tapahtuu vastaanottajan tiloissa, yleistyy oheisen kuvaajan mukaisesti. Intermodaaliyksiköiksi katsotaan tässä yhteydessä perävaunut ja kontit.

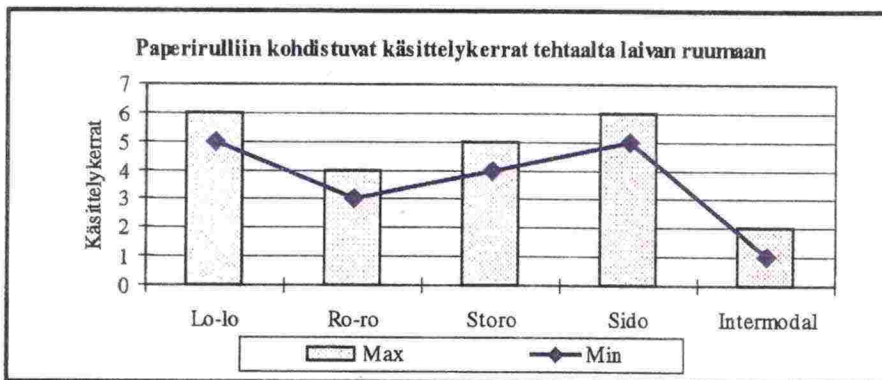
Kuva 2 Intermodaaliyksikköjen lukumäärän lisääntyminen vientilaivauksissa



Sitä kuinka ketju muodostuu tänä päivänä ja mitkä ovat kriittiset pisteet teknisten tai taloudellisten näkökohtien kannalta, kuvataan seuraavassa jaksossa kemiallisen ja mekaanisen metsäteollisuuden tuotteiden osalta, tehtaalta satamaan ja edelleen aluksen lastitilaan eri vaihtoehdoissa.

Ketju on jaettu kolmeen pääosaan: 1)tehdas, 2)satama ja 3)alus. Yksikkölastauksessa kaikissa näissä pisteissä suoritetaan tuotteen fyysistä käsittelyä ja se on toiminto, joka muodostaa aina riskin tavaravahingoille.

Kuva 3 Paperirulliin kohdistuvat käsittelykerrat

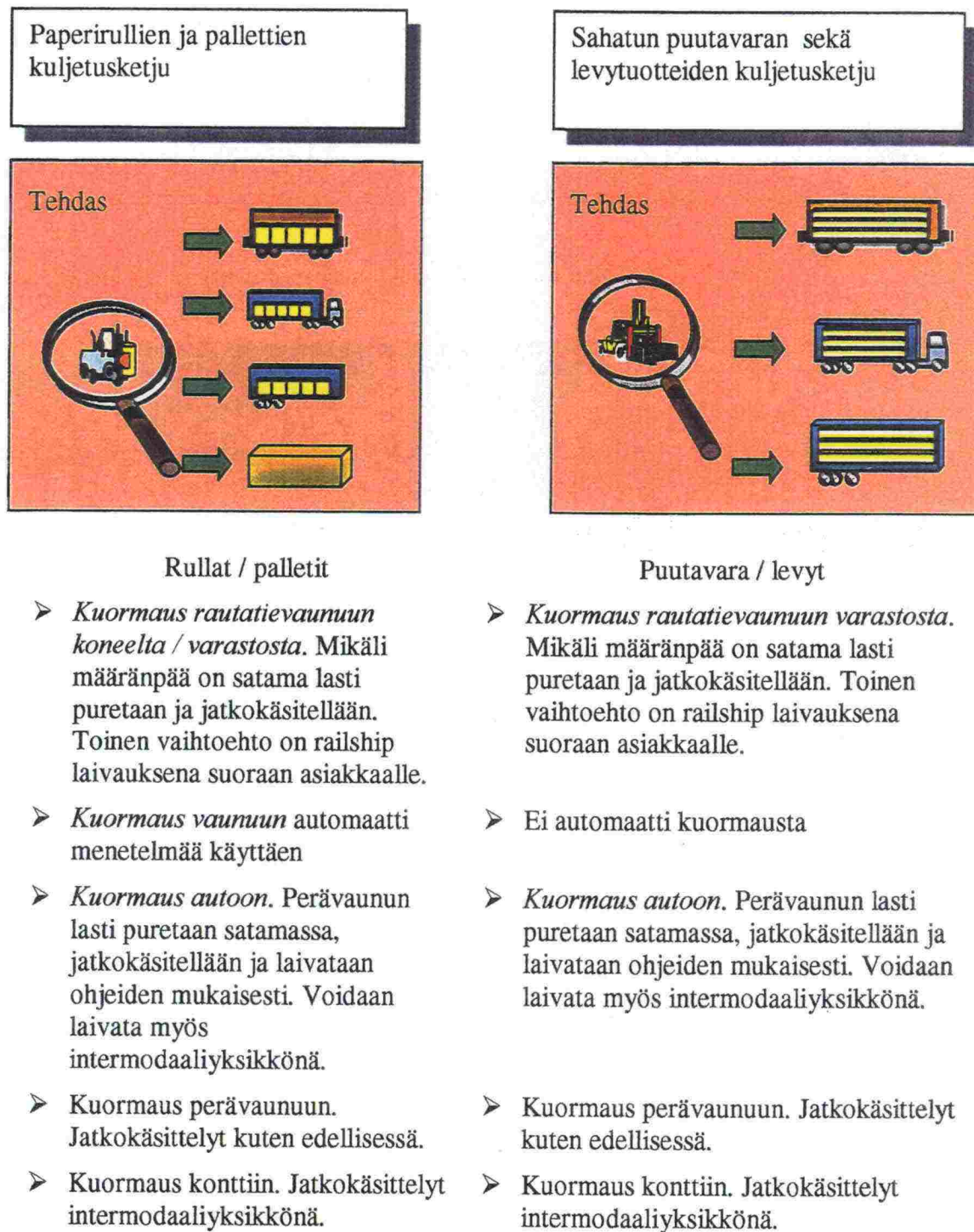




Koska kemiallisella ja mekaanisella metsäteollisuudella on useita yhtäläisyyksiä teknisen käsittelyn ja kuljetustapahtuman kannalta niitä on tarkasteltu samanaikaisesti.

### 3.1.1 Tehdaskäsittely

Kuva 4 Kuljetusketjuja



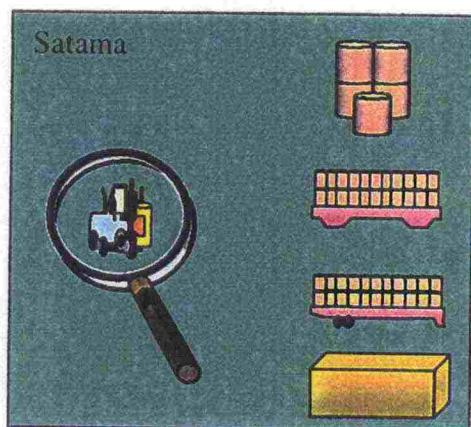
Kuva 4 hahmottaa tehtaalla tai tuotantolaitoksessa tapahtuvan käsittelyn, joka useimmiten on tavarankuormaus erityyppisiin maankuljetusajoneuvoihin.

### 3.1.2 Satamakäsittely

Satamaoperaattori toimii tavarantoimittajan antaman informaation ja laivausohjeiden mukaisesti. Lastiin liittyvä etukäteisinformaatio on välttämätön toimintojen suunnittelulle ja tarvittavien resurssien varaamiselle.

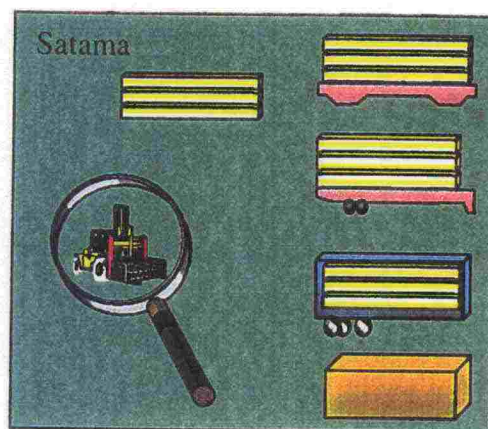
Tavaran läpimenoaika satamassa ja tuotteen käsittelyyn liittyvä informaatiiovirta korreloivat toisiaan. Jos varastointiaika on 0, informaation tulee olla 100 %:sta.

Kuva 5 Satamakäsittely



#### Rullat / palleitit

- *Lajittelu ja välivarastointi* ennen laivausta, konventionaalinen ja storero
- *Suuryksiköinti* suoraan maakuljetusajoneuvosta tai välivarastoinnin jälkeen, lauttavaunut, kasetit
- *Kontitus* suoraan maakuljetusajoneuvosta tai välivarastoinnin jälkeen.
- Vastaanotto ja kirjaaminen tietojärjestelmään *intermodaaliyksikkönä*.



#### Puutavara / levyt

- *Lajittelu ja välivarastointi* ennen laivausta, konventionaalinen
- *Suuryksiköinti* suoraan maakuljetusajoneuvosta tai välivarastoinnin jälkeen, lauttavaunut, kasetit
- *Kontitus* suoraan maakuljetusajoneuvosta tai välivarastoinnin jälkeen.
- Vastaanotto ja kirjaaminen tietojärjestelmään *intermodaaliyksikkönä*.

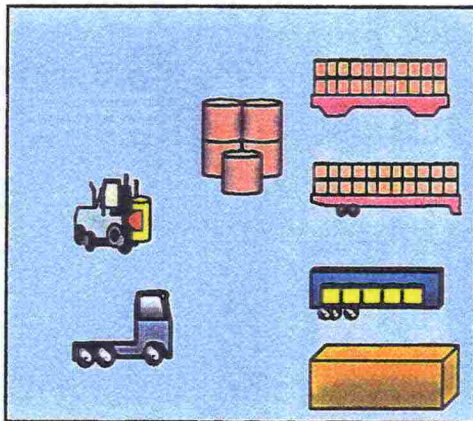


### 3.1.3 Laivaustoiminnot

#### 3.1.3.1 Lastaus

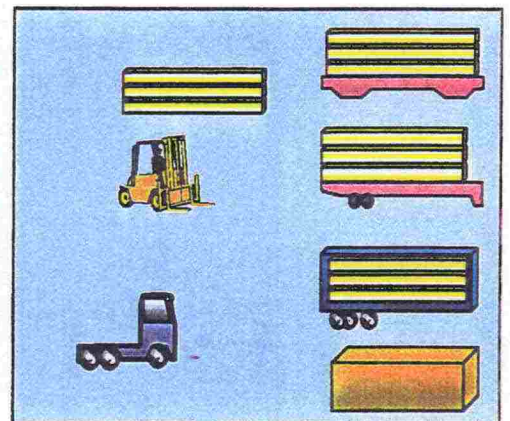
Laivaus tapahtuu laivaajan antamien ohjeiden mukaisesti ja usein palvelun taso on varmistettu laatusertifikaatilla. Käsittelytavan mukaisesti lastaustapahtuma voidaan jakaa seuraavasti:

Kuva 6 Erilaiset lastausmenetelmät



#### Rullat / palletit

- *Nosturityöskentelynä, LoLo – menetelmä.* Syöttö nosturille joko trukilla suoraan tai lauttavaunu / kasettijärjestelmällä.
- *Sivuportin kautta,* syöttö kuten yllä
- *Sto-ro –menetelmällä.*
- *Suuryksiköitynä* kasetille tai lauttavaunulle
- *Intermodalyksikkönä* joko LoLo- tai RoRo –menetelmällä.



#### Puutavara / levyt

- *Nosturityöskentelynä, LoLo – menetelmä.* Syöttö nosturille joko trukilla suoraan tai lauttavaunu / kasettijärjestelmällä.
- Yleensä ei sivuportin kautta.
- *Sto-ro –menetelmällä*
- *Suuryksiköitynä* kasetille tai lauttavaunulle
- *Intermodalyksikkönä* joko LoLo- tai RoRo –menetelmällä.

Kemiallisessa metsäteollisuudessa toimitusten eräkoot ovat pienentyneet, varastoitavien tavaroiden kierto nopeus kasvaa pienentäen tarvetta uudisrakentamiseen. Toimitusfrekvenssin tihtyessä varastoon sitoutuneen pääoman määrä alenee merkittävästi. Edellämainittuja syitä on käsitelty useissa yhteyksissä ja tutkimuksissa. Ne ovat ja niitä tulee pitää päämäärinä, joihin kuljetusten kehittynyt logistinen seuranta antaa mahdollisuuden.

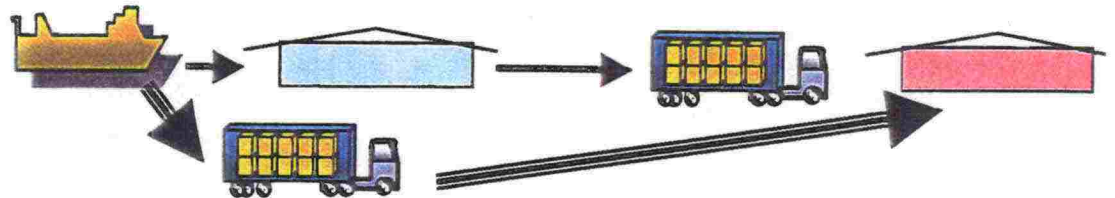
#### 3.1.3.2 Purkaus

Teollisuus tuo huomattavan määrän raaka-aineita vuosittain. Suuri osa niistä tuodaan bulk-kuljetuksina tai intermodalyksikössä suoraan tuotantolaitokseen. Joissakin tapauksissa

tuotantolaitoksella on kokonaan oma satama/satamanosa tai julkinen satama on järjestänyt tarkoitukseen sopivan purkauslaiturin, tarvittavat kuljettimet ja maaliikenneyhteydet.

Suomen johtavilla kaupparyhmittymillä hyvin toimivat kuljetus- ja jakeluketjut ovat sekä merkittävä markkinointiväline että tehokas tapa seurata tuotteen kulkua, niillä on vaikutusta myös tuotteen kuluttajahintaan. Tuoretuotteiden kohdalla kuljetus ja sen saumaton toimivuus on erittäin merkittävää. Se vaatii kaikkien osapuolten tehokasta toimivuutta. Ilman kuljetusketjun kokonaishallintaa tuotteen laatu ehtii alentua merkittävästi ja se taas näkyy heikentyneenä kysyntänä.

Kuva 7 Purkaustoiminnot



Erilaiset hedelmät tuodaan Suomeen Euroopasta tai Euroopan suursatamien kautta intermodaalisiksi, palletisoituna, rekoissa, perävaunuissa, konteissa, lauttavaunuilla ja kaseteilla. Operaattori suorittaa satamassa yksiköiden purkausta, varastointia ja jälleenlastausta jakelukuljetusta suorittaviin autoihin. Hedelmätuontiin erikoistuneet yritykset ja keskustukkuliikkeet toimivat omien keskusvarastojensa kautta. Suuntaus on kuitenkin selkeä, kumipyöräkalusto läpäisee sataman muutamassa tunnissa / minuutissa ja purkaa kuormansa keskusvarastoihin tai suoraan kauppaliikkeisiin kehittyneen logistiikan mukaisesti. Tekniikka ja automatiikka ovat parhaimmillaan yksityisissä keskusvarastoissa sekä kypsyttämöissä, sataman osuus ja vaikuttamismahdollisuudet itse fyysisen käsittelyn kehittämiseen pienenevät koko ajan.

### 3.2 Kuljetusketjuissa käytetty tekniikka

Tulevaisuudessa käsittely- ja kuljetusketjut tulevat kehittymään erityisesti niiltä osin, joissa uutta ja yhteismitallista tietotekniikkaa voidaan soveltaa osapuolien kesken. Myös yksittäisten teknisten ratkaisujen kehittäminen ketjun osina tulee perustumaan samalle perusidealle, uutta tietotekniikkaa sovelletaan laitteisiin. Kuljetusketjun kokonaishallinta, osapuolien välinen monisuuntainen tiedonvälitys on perusedellytys kokonaisuuden kehittämiseksi.

TEKES (Teknologian Kehittämiskeskus) on yhdessä paperintuottajien, satamien, kuljetuspalveluiden tarjoajien sekä muiden asiantuntijatahojen kanssa kehittänyt teknisiä ratkaisuja toimintojen mekanisoinniksi tai automatisoinniksi. "Paperinkäsittely ja kuljetus 2000" (1992-1996) loppuraportti esittelee eri tutkimukset, hyödyt käyttäjille ja tutkimuksien johtopäätökset.

Kuljetusketjun eri osapuolien kehitystavoitteiden painoarvo vaihtelee toimialan ja erikoistumisen mukaisesti. Laitetoimittajalle uusi "keksintö" merkitsee hetkellistä kilpailuetua; operaattorin tavoitteena on käsitellä mahdollisimman suuri tonnimäärä aikayksikköä kohti ja valmistajan tavoite on tuotannon, myynnin, toimitusten ja niihin liittyvän informaatiiovirran joustava hallinta.

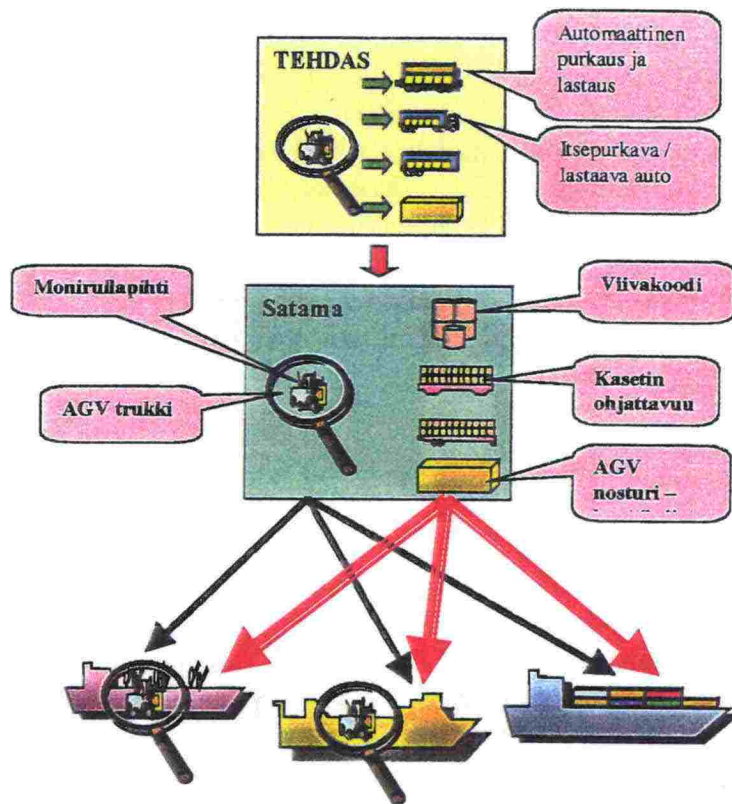
Tulevaisuuden tavoitteita ja päämääriä voidaan kuvata lyhyesti mm.:



- Siirretään intermodal-yksiköiden lastaus tuotantolaitoksille ja tehtaalle.
- Kehitetään monikäyttöinen ”suuralustaratkaisu” joka sopii maakuljetusajoneuvoihin, satamakäsittelyyn sekä merikuljetuksen alustaksi.
- Yksikkötavaran käsittelyä kehitetään tunnistusmenetelmin, teknisin sovellutuksin ja telematiikan keinoin eli otetaan käyttöön automaatiota.

Kun tarkastellaan yleistä kehitystrendiä kuljetuksissa ja siihen liittyviä teknisiä ratkaisuja voidaan todeta, että tutkimustulokset sekä käytännön toimenpiteet tukevat johtopäätöksiä, joiden mukaan lasti tulee sijoittaa intermodal-yksikköön jo tehtaalla.

Kuva 8 viime vuosina tehtyjä teknisiä kehittäjiä kuljetusketjussa



### 3.2.1 Käsittely tehtaalla

Lastaus maakuljetusajoneuvoon, konttiin, ”suuralustalle” perustuu vastapainotrukkiin ja siinä oleviin lisälaitteisiin (rullapihti, haarukat). Paperituotteiden lastauksessa maakuljetusajoneuvoon pinoamiskorkeus on pieni, joten useamman yksikön yhtäaikaiselle käsittelylle on harvoin edellytyksiä. Saha- ja levytavaraa lastattaessa käsitellään useampi paketti kerrallaan. Eräissä tapauksissa sahan ja sataman yhteistyön tuloksena sahatavaran kuormaus vaunuun ja myöhemmin tapahtuva kontitus tehdään neljän nipun kiinteänä pakkauksena.

Itsepurkavat ja -lastaavat autot eivät ole saavuttaneet sitä suosiota, jota rakenteen perusteella olisi voinut olettaa. Fyysiset käsittelykerrat eivät vähene, mutta kuljetuskaluston käyttöaste saadaan korkeammaksi. VR Cargo on yhdessä satamien ja tehtaiden kanssa kehittänyt menetelmän, jossa puoli vaunulastia saadaan lastatuksi/puretuksi yhdellä kerralla, mekanisoitu lastaus/purkaus (UPM-Kymmenen Kuusankosken tehtaalla). Käytössä on todettu, että laitteistolla voidaan lastata ja purkaa rautatievaunuista paperirullia ilman alustaa, palletisoituja tuotteita sekä erilaisilla alustoilla olevia tuotteita. Trukkikäsittelyyn verrattuna laite suorittaa toiminnot 10- ja jopa 15-kertaisella nopeudella. Tuloksena on lisäksi pienentynyt käsittelymäärä, kun automaattialustalle tuovassa trukissa on ns. monirullapihti. Toinen merkittävä asia on rautatiekaluston parantunut käyttöaste, pienempi vaunulukumäärä ja tuotevirran tasaisuus.

Jos tuote lastataan vuoroin rautatievaunuun, autoon tai konttiin on yhtenäisen käsittelyjärjestelmän luominen huomattavasti vaikeampaa kuin jos tuotevarasto sijaitsee satamassa ja kuljetukseen käytetään vain yhtä kuljetusmuotoa.

Kuva 9 Vastapainotrukin lisälaitteet valitaan käsiteltävän tavarahan mukaan



### 3.2.2 Satamakäsittely

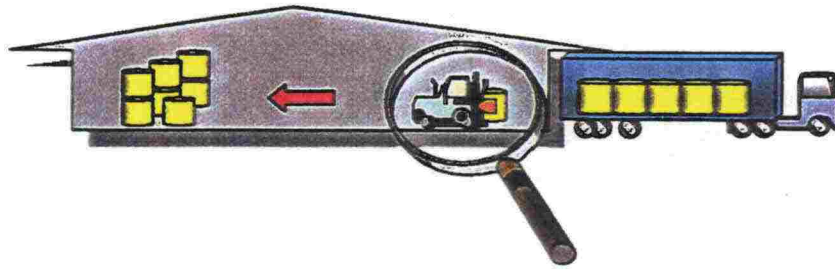
Satama toimii laivaaajan ohjeiden ja määräysten mukaan. Vastaanotto, lastin identifiointi, varastointi, sijoittelu ja jatkokäsittely perustuvat tuotantolaitoksen antamiin laivausohjeisiin. Kun tavara on lastattu intermodal-yksikköön, se ohjataan identifioinnin jälkeen joko konttiterminaaliiin tai RoRo-valmiusalueelle.

#### 3.2.2.1 Varastointi

Varastointi jakautuu kuljetusmatkan perusteella kahteen vaihtoehtoon. Sama kone suorittaa maakuljetusajoneuvon purkauksen ja yksiköiden kuljetuksen varastopaikkaan, josta on esimerkki alla olevassa kuvassa 10. Toisena vaihtoehtona pieni kone purkaa maakuljetusajoneuvon ja jatkosiirron varastopaikkaan tekee iso kone kuljettaen useita yksiköitä yhtäaikaan.



Kuva 10



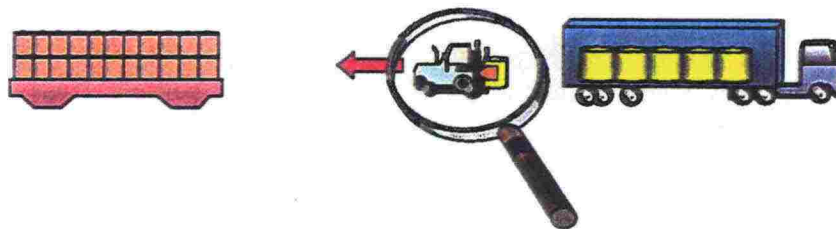
Teknisiä ratkaisuja on sovellettu erityisesti käsittelyä suorittavaan koneeseen, jonka ketteryys, käsiteltävyys ja ympäristöystävällisyys ovat huippuluokkaa.

Mekanisoitu vaunujen purkaus satamassa ei sido työvoimaa eikä koneita juuri vaunujen tyhjennyshetkeen vaan antaa joustavuutta kokonaiskäytölle. Käsittely voidaan varastoissa suorittaa trukeilla, jotka voivat käsitellä useita rullia samanaikaisesti (monirullapihti).

### 3.2.2.2 Suuryksiköinti

Logististen palveluiden voimakas kehitys mahdollistaa ajantasalla olevan tiedon vaihtamista tuotantolaitoksen ja sataman välillä. Tähän perustuen voidaan suuryksiköinti tai kontitus tehdä suoraan maakuljetusajoneuvosta, kuten kuvassa 11, jolloin varastointiin tarvittavat välikäsitteilyt jäävät pois.

Kuva 11



On myös tilanteita jolloin tavara joudutaan ensin varastoimaan ja yksiköimään myöhemmin joko ajan, tilan puutumisen tai muun syyn johdosta.

Käsittelyn suorittaa useimmiten vastapainotrukki joka on varustettu asianmukaisella lisälaitteella. Käsittelyn tehokkuus perustuu kuljettajan ammattitaitoon sekä trukin ja sen lisälaitteen tekniikkaan.

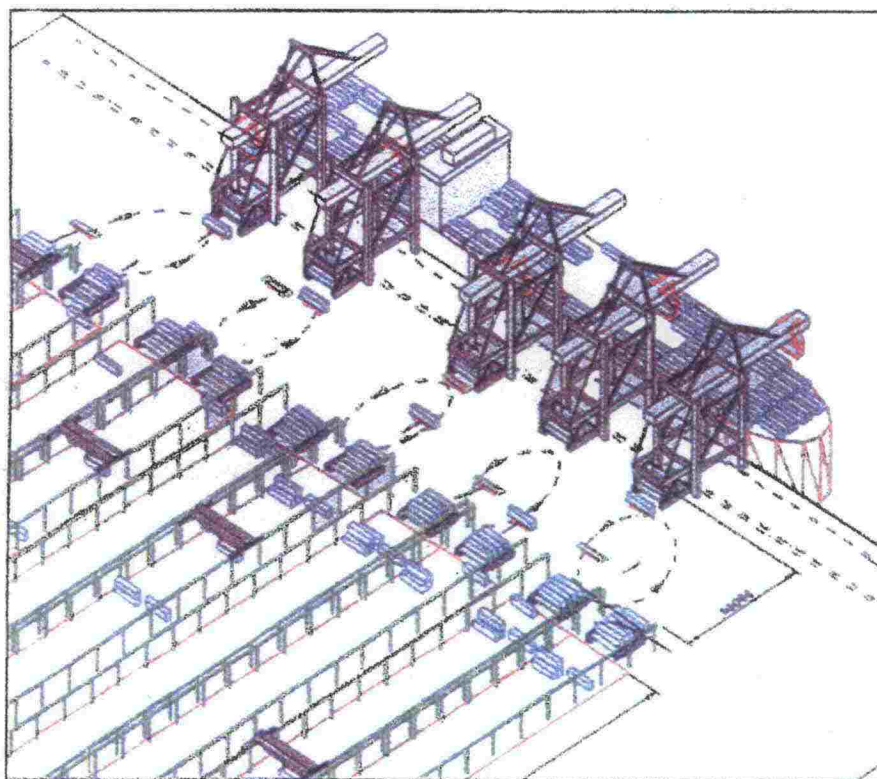
### 3.2.2.3 Intermodal-yksikön käsittely

Konttien käsittely niin Suomen kuin ulkomaiden satamissa tapahtuu yleensä alueellisesti muusta toiminnasta erillään. Eräänä päätekijänä on turvallisuusnäkökohdat, josta merkittävimmät ovat käsittelykoneiden ja lastiyskoiden suuret ulottuvuudet ja painot.

Tekniikka perustuu valittuun käsittelyjärjestelmään joka määräytyy yleensä liikennemäärän mukaisesti. Kun konttimäärät ovat pieniä, automatiikan investointikustannukset ja siitä saatavat edut eivät vastaa toisiaan.

Kuvassa 12 on osa hollantilaisten kaavailemaa tehokkuuden optimointia supersuurten konttialusten operoinnissa. Laskennallinen tavoite on noin 50 nostoa / tunti / nosturi. Uutta toimintakonseptia edustaa erityisesti konttien ”syöttäminen” laivaa lastaaville nostureille. Varastossa liikkuvat nosturit liikkuvat automatiikan ohjaamina ja sijoittavat kontit AGV-vaunuille, jotka kuljettavat kontit määrätyle nosturille.

Kuva 12



Suomen konttimäärillä yllä olevan automaattisen järjestelmän vaatimat investoinnit ovat toistaiseksi liian suuret, koska paras hyöty saadaan silloin, kun alus purkaa tuhansia yksiköitä, jotka jälleenlaivataan myöhemmin satojen yksiköiden erinä.

Nosturin nosto ja ajoliikkeet saadaan tekniikan avulla erittäin nopeiksi, joten uutta tekniikkaa kehitetään todennäköisesti tarttujan toimintojen nopeuttamiseksi.



#### 4 SUOMEN SATAMISSA KÄYTETTÄVÄT MENETELMÄT JA TEKNIIKAT

Nykyisin satamissa voidaan karkeasti ilmaista sanoa toimivan kaksi eri tahoa, joilla molemmilla on intressi kehittää sataman toimintaa uusilla laitehankinnoilla ja kehitysratkaisuilla. Satamalaitoksen roolina on mahdollistaa lastinkäsittelyn automatisointi ja mekanisointi perusinfrastruktuurin suunnittelulla ja toteutuksella. Satamalaitoksen tehtävät voidaan niiltä osin jakaa neljään eri osaan:

satamaa käyttävien aluksien turvallisuus ja palvelutaso on merenkulullisesti varmistettava,

laiturien ja kenttätilojen rakenteissa tulee ottaa huomioon, että alan viimeisin teknologia ja muu kehitys voidaan helposti ottaa käyttöön. Rakenteiden tulee olla riittävän lujia kantaakseen tulevaisuuden käsittelyjärjestelmien aiheuttamat kuormitukset,

sataman lastinkäsittelyn oheistoiminnoille varmistetaan riittävät alueet ja tilat,

satamaan johtavat maaliikenneväylät ratapihoineen ja autojen odotusalueineen vastaavat liikenteen määrää.

Satamaoperaattori toimii lastinkäsittelyn automatisoinnin ja mekanisoinnin todellisena innovaattorina. Se tutkii uusia kehitysratkaisuja mahdollisesti yhdessä suurimpien asiakkaidensa kanssa, jotta kaikki operatiiviset yksityiskohdat saadaan hiottua kaikkia osapuolia tyydyttävään kuntoon.

Satamalaitoksen rooli eri satamissa ei suurestikaan vaihtelee. Satamaoperaattorin kehitysratkaisut sen sijaan vaihtelevat paljon eri satamissa lähinnä laivattavien tavaralajien mukaan. Seuraavassa on kuvattu eri tavaralajien nykyisiä käsittelytapoja ja myöhemmin kohdassa 4.2 esitellään satamissa toimivien operaattoreiden pyrkimyksiä uusiin toimintamalleihin.

Kehitys vie kohti lastien yksiköintiä, jonka avulla lastinkäsittelykertoja voidaan vähentää ja lastin vahingoittumisriskiä pienentää. Suuryksiköiden käyttö tarjoaa edellytykset lastinkäsittelyn mekanisointiin ja automatisointiin.

Yksi tärkeimmistä innovaatioista irto- ja kappaletavaralastien kohdalla on ollut standardikontin kehittäminen, jossa muun muassa nostopisteet on standardoitu. Kontit ovat pinottavissa, jolloin tilankäyttö on tehokasta. Lastien käsittely on helpottunut ja nopeutunut ja muuttunut vähemmän työvoimavaltaiseksi. Tämä on mahdollistanut kustannustehokkuuden sekä työn ja pääoman tuottavuuden kasvun.

RoRo-käsittelyssä käytettävillä suuryksiköillä, trailereilla, lauttavaunuilla ja muilla hinattavilla yksiköillä saavutetaan suuri käsittelynopeus, mutta tehoton pinta-alan käyttö aluksessa, koska ne eivät ole pinottavissa. Niiden käsittelyn automatisointi on myös kontteja hankalampaa.

Standardiysiköt eivät sovellu kaikille lasteille joko fyysisten tai määrällisten rajoitteiden, muun muassa pienten toimituseräkokojen vuoksi. Standardiysiköt eivät myöskään välttämättä sovi kaikille kulkuneuvoille. Tämän vuoksi on olemassa tietty tilaus uusille, paremmin erilaisiin intermodal-kuljetuksiin ja erilaisille lasteille soveltuville automaattisesti käsiteltäville yksiköille.

## 4.1 Erilaisten lastityyppien käsittely

### 4.1.1 Kuormalavat

Satamiin tulee paljon kuormalavoja kontitettaviksi. Kontitus tehdään, kuten teollisuudessakin, trukkilastauksena. Samoin purku tehdään trukeilla. Kontien lastausten- ja purkausten määrä on satamissa kasvussa, joten tämä alue on kiinnostava automatisoinnin kohde.

Automaattisia tai puoliautomaattisia kuormalavojen kontitusjärjestelmiä ei ole Suomessa juurikaan käytössä. Yksi ratkaisu on rullarata, jota pitkin lavat ajetaan konttiin.

Automaattisia kuormalavojen lavauslaitteita sen sijaan valmistaa koko joukko yrityksiä. Tällaisia järjestelmiä on yleisesti käytössä kaikessa teollisuudessa. Laitteet lavaavat esim. laatikoita, säkkejä tms. kuormalavalle haluttuun kuvioon.

### 4.1.2 Sahatavara ja sellu

Sahattu puutavara kuljetetaan yleensä pituus- tai luutapaketteina, joiden leveys ja korkeus ovat noin metri ja pituus vaihtelee vajaasta 4 metrasta 6 metriin. Paino jää alle 4 tonnia / nippu. Normaali käsittely tapahtuu haarukkatrukeilla, joilla niput puretaan autosta / junasta ja varastoidaan katon alle pinoihin. Pinoista ne viedään laivan viereen, josta ne nostetaan nosturilla laivaan.

Puutavaralastien ja sellun kuljettamiseen tarkoitetuissa aluksissa ruumat ovat yleensä suorasivuisia ja lasti käsitellään joko laivan omilla nostolaitteilla tai satamanostureilla. Puutavara- ja sellulastit eivät ole herkkiä vahingoittumaan. Niitä käsitellään yleensä niputettuina tai paaleina palleilla (sellu) ja nostetaan LoLo-käsittelyssä kuormauselimeen kiinnitetyillä slingoilla. Nosturiin kiinnitetään nostorakseilla 1 - 4 nippua kerrallaan.

Sahatavaralastien käsittelyn automatisointi ei ole erityisen helppoa, mutta sellu sen sijaan sopii automaattisesti kontitettavaksi.

### 4.1.3 Paperirullat

Paperiteollisuudessa on nykyisin trendinä pienemmät eräkoot ja erikoislaadut. Tämä vähentää yksiköintimahdollisuuksia ja toisaalta erilaistuva lasti vaatii erilaista kalustoa lastin käsittelyyn.

Paperirullat ovat mekaanisesti helposti vahingoittuvia ja säälle alttiita. Nostolaitteista hydraulinen *head clamp* puristaa lähinnä rullan päätä ja mikäli puristus on liian voimakas, rulla vahingoittuu. Tämän tyyppiset pihdit ovat kuitenkin valtaamassa alaa, sillä ne eivät aseta niin suuria vaatimuksia pakkausmateriaaleille.

Tyhjiöimuun perustuvien laitteiden käyttö on vähenemässä. Sivutarttuja aiheuttaa rullaan helposti muodon muutosvaurioita ja onkin poistumassa käytöstä. Laivakäsittelyssä rullat



yleensä yksiköidään ja käsitellään esimerkiksi lauttavaunuilla RoRo-menetelmässä tai palleilla LoLo-menetelmässä.

Rullat puretaan autosta tai junasta rullapihdillä varustetulla trukilla varaston sisällä, jossa ne varastoidaan pinoihin. Laivaan vietävät rullat lastataan suoraan lauttavaunuille tai kaseteille. Rullat sidotaan alustoihin erityisillä surrausasemilla, minkä jälkeen valmiit alustat vedetään välivarastoon tai lauttavaunukatokseen odottamaan laivaan lastausta. RoRo-lastauksessa kasetit ja lauttavaunut vedetään terminaalitraktorilla laivaan ja kiinnitetään kanteen. Storo-lastauksessa lauttavaunut ja kasetit puretaan trukilla ja ahdetaan konventionaalisesti suoraan aluksen eri kansille. Vaihtoehtoisesti kasetti tai lauttavaunu ajetaan laivan viereen, josta rullat nostetaan nosturilla 4 - 8 rullaa kerrallaan laivaan (LoLo).

Vaihtoehto paperirullien RoRo-, Storo- ja LoLo-laivauksille on stuffata paperirullat konttiin joko satamassa tai tehtaalla. Tällä hetkellä noin 20% vientiin menevästä paperista kontitetaan. Eräiden arvioiden mukaan tulevaisuudessa kontitettua paperilastia olisi lähes puolet kaikista paperikuljetuksista.

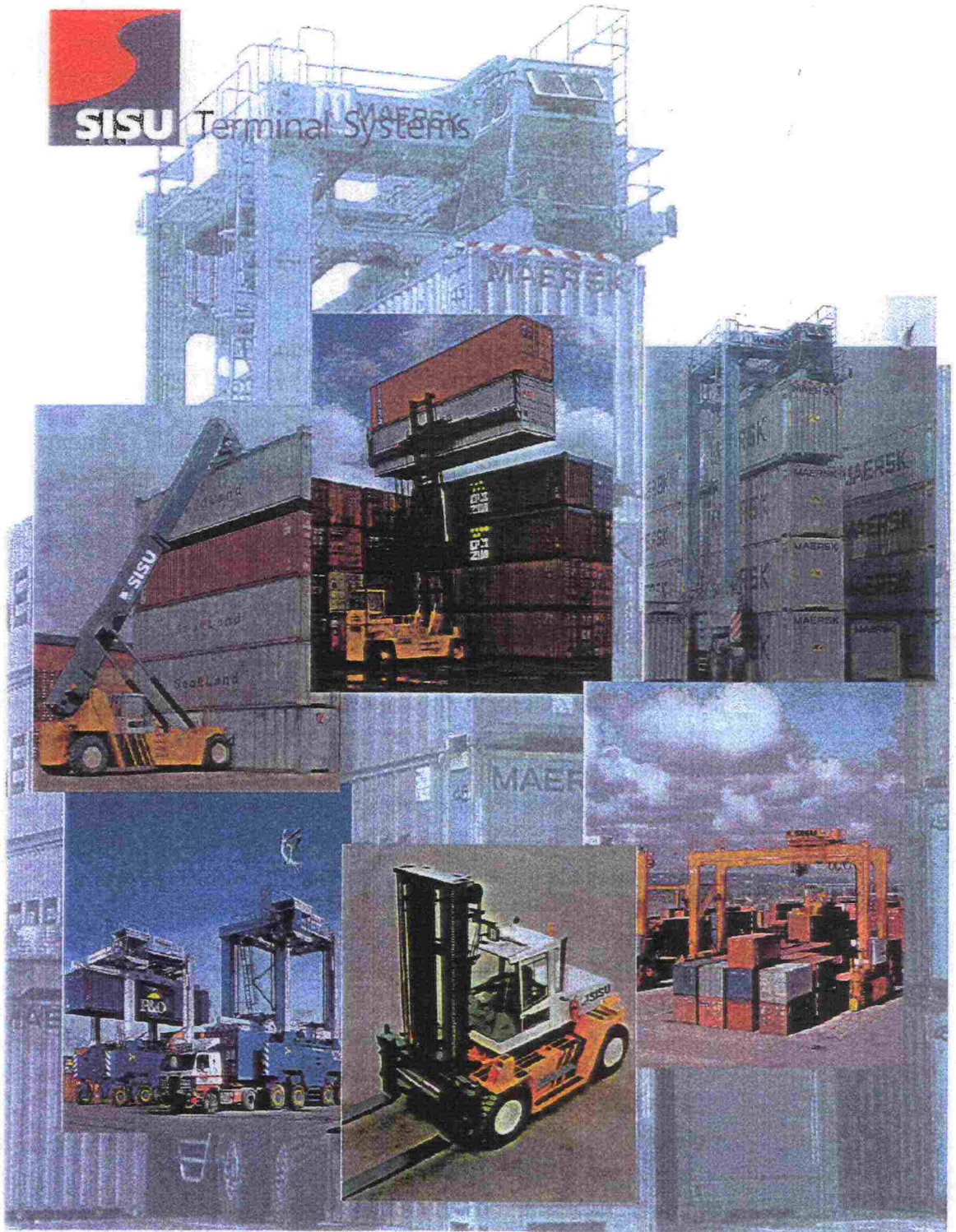
#### 4.1.4 Kontit

Vielä nykyisin konttien käsittely tapahtuu Suomessa pääosin kurottajatruckien ja lukkien avulla. Kuvassa 13 on koottu esimerkkejä Sisu Terminal Systems:n valmistamista konttien käsittelylaitteista.

Suomessa nykyisin käytössä olevia konventionaalisia kontin käsittelyjärjestelmiä ovat muun muassa seuraavassa lyhyesti eritelty käsittelyjärjestelmät:

- lukit konttien pinovarastointiin ja kuljetuksiin (yleensä 3 kontin varastopinot)
- kumipyörä-gantryt konttien pinovarastointiin maksimikoot 5 kontin varastopino 7 konttia rinnakkain.
- Kurottajat konttien pinovarastointiin
- tyhjäkonttitrukit tyhjien konttien pinoamiseen
- kasetit (4 konttia / kasetti) konttien lastauksen ja purkauksen nopeuttamiseen aluksista
- perävaunut ja perävaunujunat konttien kuljetukseen
- nosturien puoliohjausautomaatiikka

Kuva 13 Konttien käsittelyyn soveltuvaa kalustoa



Eri satamissa käytettävät lastinkäsittelymenetelmät ja tekniikat riippuvat pitkälti kyseisen sataman tavaravirtojen suuruudesta ja käsiteltävien tavaroiden laadusta. Seuraavassa on esitelty lastinkäsittelymenetelmiä ja tekniikoita Suomen eri satamien osalta.



## 4.2 Uusimmat menetelmät Suomen satamissa

### 4.2.1 Hamina

Haminan satama elää erittäin voimakkaan yksikköliikenteen kasvun kautta. Sen perustekijöinä ovat muun muassa kauttakulkuliikenne Venäjälle ja siihen liittyvät logistiset lisäarvopalvelut sataman välittömässä vaikutuspiirissä. Tavarankäsittelyn kehittämiseksi on olemassa paineita kustannustason pitämiseksi asiakasystävällisenä unohtamatta kuitenkin joustavaa palvelutasoa.

Haminan sataman yleisilmettä leimaa toimintojen tietoinen keskittäminen niille strategisille alueille, joissa maantieteellinen sijainti, liikenne-ennusteet ja alan tietotaito voidaan hyödyntää tehokkaasti.

Satamassa toimivan operaattorin edustaja on ollut useiden vuosien ajan mukana TEKES:n koordinoimassa "Paperi 2000" -kehityshankkeissa ja kehitystyö jatkuu edelleen.

Satamaoperaattorin eri hankkeiden tarkoituksena on kehittää Haminan sataman automaatiotasoa ja uusilla mekanisilla ratkaisuilla helpottaa ja nopeuttaa lastausta ja purkausta. Hankkeista mainittakoon seuraavat:

- kuljetusviivakoodi, jonka kehittäminen jatkuu edelleen. Koodi on osittain käytössä.
- paperirullatrukki, yhdessä laitetoimittajien kanssa toteutettu suurempaan ketteryuteen ja tehokkuuteen perustuva kone. Koneita on käytössä rajoitetusti. Lisäksi arkojen paperirullien käsittelyä helpottaa ns. "älypihti", joka osaa arvioida paperirullan puristamiseen tarvittavan voiman määrän.
- paperin kuljetuksiin liittyvien tietojärjestelmien kehittäminen yhdessä paperiteollisuuden kanssa.
- mekanisoitu purku autosta; prototyyppi sataman varastossa. Koekäytössä on saavutettu hyviä tuloksia, mutta laite ei toiminnallisesti ole vielä valmis.
- rullia pinoava automaattitrukki. Prototyyppi ei ole päivittäisessä käytössä ja kehittäminen jatketaan edelleen VTT:n laboratoriossa.
- esiselvitys suuryksikötekniikan kehittämiseksi. Sen pohjalta tehtiin suosituksia jatkotoimenpiteiksi.
- erikoisnosturi pienten alusten puutavaralastauksiin. Perusrakenne on kaivinkoneen alusta, jota on korotettu. Kuljettajan näkyvyyttä on parannettu nostamalla ajohytti riittävään korkeuteen. Operatiiviset tulokset ovat olleet erittäin rohkaisevia, on saavutettu jopa 250 m<sup>3</sup> / tunti.
- yksiköidyn selluloosan käsittelyyn "automaattilaukaisin", joka laukaisee nostokoukun taakan paikoilleen sijoittamisen jälkeen.
- paperirullien nostoon suunniteltu alusta, joka toimii puoliautomaattisesti.
- GPS-järjestelmään perustuva konttien paikantamisjärjestelmä.
- kuljetuksen aikana käytettävä kiihtyvyyksien mittauslaite. Tavoitteena on eri kuljetusmuotojen kiihtyvyyksien analysointi sekä mahdollisen vahingon tapahtumapaikan määrittäminen kuljetusten aikana.

- Mekaaninen autonpurku yhdistettynä automaattitrukin käyttöön muodostaa tavaran vastaanottoprosessissa toimintakokonaisuuden. Muut edellä esitetyt kehityshankkeet edustavat yksittäisiä teknisiä osaratkaisuja.

#### 4.2.2 Turku

Turun satamassa toimii sama operaattori kuin Helsingissä. Toimintojen kehittäminen ja tekniikan hyväksikäyttö jakautuu kahtia: kalliita kehitysratkaisuja tutkii konserni ja paikallisella tasolla keskitytään enemmän operatiivisten yksityiskohtien hiontaan. Seuraavassa on esitetty osa Turussa meneillään olevista automaatio- ja lastinkäsittelyn mekanisointihankkeista:

Länsisataman kulunvalvontajärjestelmä televisiomonitorineen edustaa toimintojen rationalisointia ja järjestelmää kehitellään edelleen yhä automatisoidumpaan suuntaan.

yhteistyö Metsä-Serlan kanssa, jossa paperituotteiden myynti tapahtuu suoraan satamavarastosta, on logistisia kustannuksia alentavaa kehitystä.

sahatavaran kontitukseen on kehitteillä lava, jonka avulla lastaus helpottuu ja nopeutuu. Sahojen kanssa yhteistyötä ei vielä ole.

Tulevaisuuden suunnitelmissa on varasto, jonka suojissa voidaan varastoida tai siirtää lastia kuljetusmuodoista ja kuljetusvälineistä toiseen. Varastossa on kotimaisella ja eurooppalaisella kiskoleveydellä varustettu raiteisto ja tieliikennekalustolle välttämättömät lastaussillat. Etuna on, että esimerkiksi kontit voidaan nostaa suoraan vaunusta toiseen ilman akseliston vaihtoa. Purkauksen jälkeen eurooppalainen kalusto voidaan samassa varastossa lastata vientilastilla. Järjestelmässä lauttavaunu on korvattu rautatievaunulla ja etuna on että ketjun molemmissa päissä rautatievaunu kulkee lopulliselle asiakkaalle tai ainakin lähimpään rautatieterminaaliin.

Junalauttaliikenne hakee toimintalinjojaan muun suuryksikköliikenteen joukossa. EU:n sisäinen kuljetuspolitiikka pyrkii siirtämään pitkänmatkan maantiekuljetuksia vesille ja rautateille. Tässä valossa tarkasteltuna Turun tulevaisuus toisena junalauttaliikenteen suomalaisena satamana luo edellytykset pitkäaikaiseen kehitykseen, johon voivat sitoutua niin satama, operaattori kuin linjalla liikennöivät varustamotkin.

#### 4.2.3 Kotka

Satamassa eletään voimakasta laajentumisen kautta. Hietasessa toimivaa konttiterminaalia rajoittaa varastokenttien riittämättömyys. Operaattori pyrkii vastaamaan haasteisiin vaihtamalla kontinkäsittelyjärjestelmänsä maa-alaa paremmin hyväksikäyttävään lukkisysteemiin, joka helpottaa hetkeksi akuuttia tilantarvetta.

Satamalaitos varautuu konttiliikenteen kasvuun siirtämällä terminaalitoiminnot muutaman vuoden kuluessa Mussalon syväsatamaan. Alueen kapasiteettia voidaan ottaa asteittain käyttöön, loppullisen kapasiteetin ollessa noin 500 000 TEU:ta.

Satamalaitos katsoo automatiikkaan ja käsittelyn mekanisointiin liittyvien investointien kuuluvan välittömille edusajille; laivayhtiöille, operaattorille sekä tavaran toimittajille.



Kotkan ja Haminan satamaoperaattorina toimii sama yritys ja näin ollen lastinkäsittelyn kehittäminen ja uusien ratkaisujen käyttöönotto saa laajemman ulottuvuuden. Operaattori on pyrkinyt panostamaan kokonaisstrategiaan pohjautuviin kehitysprojekteihin ja karsinut "rönsyilevät" kehittelyt pois.

#### 4.2.4 Pori

Porin satamassa on otettu ennakkoluulottomasti käyttöön teknisiä ratkaisuja tavarankäsittelyn parantamiseksi ja erilaisten työvaiheiden rationalisoimiseksi.

Rikasteen käsittelyssä käytetään hävikin pienentämiseksi jo vuosisadan vaihteessa käytössä ollutta periaatetta purkaa varaston katon kautta suoraan varastoloosseihin. Varaston sisällä rikaste lastataan VR:n tarkoitusta varten kehitettyihin vaunuihin. Vaunut siirretään varastosta ROLUX-vaunusiirtolaitteella. Järjestelmässä ei ole automatisoitavaa vaihetta.

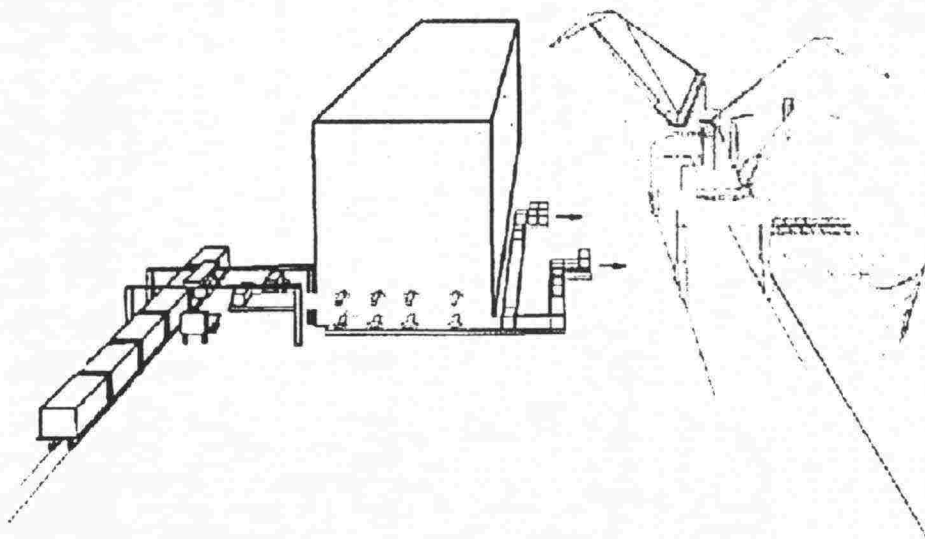
Konttien ahtauksessa on käytössä ns. "taikamatto". Sen avulla kontin lastauksessa yleisesti käytetty 5 tonnin trukki pystyy lastaamaan sahatavaralla neljäkymmentä jalkaisia kontteja kahden nipun erissä noin 4 - 5:n kontin tuntivauhdilla. Taikamatto on Porin satamaoperaattorin innovaatio.

Porin satamassa on käytössä laitteisto, jossa sahatun puutavaran varastointivaiheessa käytetään pukkeja, joiden päälle junasta / autosta puretut niput lastataan poikittain vajaan metrin korkeudelle. Nippujen laiturille vientiin käytetään traileria, joka peruutetaan varastotelineiden alle. Perävaunulla voidaan siirtää 24 nippua kerralla nykyisen 2 - 4 nippua / kerta sijaan. Täysi traileri ajetaan terminaalityröykästä laivan viereen ja puutavaraniput jätetään traileria laskemalla samankaltaiselle telineelle kuin varastossakin.

Puutavaran nostamiseen ja ruumaan sijoittamiseen on käytössä nosturin lastauskehikko ja etäirroitus, mikä mahdollistaa lastauksen ilman laivahenkilöstöä. Sahatavaran lastaukseen on hankittu telaketjuaustainen ns. equliun-nosturi. Se on nopea, mutta sen haittapuolena on se, että laiturirakenteita joudutaan vahvistamaan telaketjujen vuoksi.

Porissa on tutkittu myös sahatavaran automaattista korkeavarastointia, jonka yksi toteutusmahdollisuus on esitetty alla olevassa kuvassa.

Kuva 14 Sahatavaran puoliautomaattinen käsittely- ja varastointijärjestelmä



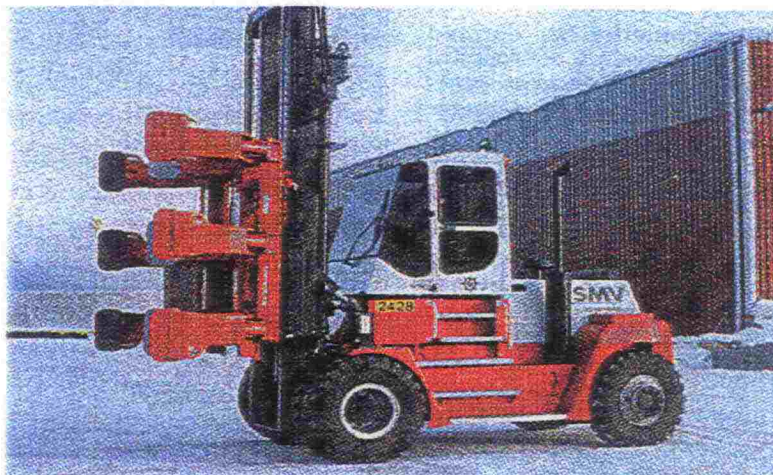
Tulevaisuudessa yksi tärkeimmistä laivausalan kehityskohteista ovat terminaalit ja varastot, joissa on mahdollisuus säästää aikaa ja rahaa oikeiden valintojen avulla. Kuvan 14 esimerkissä on puoliautomaattista sahatavaravarastoa esittävä malli, jossa erikoisvalmisteiset pukkinosturit purkavat autojen/junavaunujen lastin suoraan kuljettimille, jotka siirtävät tavarat varastossa operoivalle nostojärjestelmälle kuljetettavaksi oikeaan varastopaikkaan.

Nostojärjestelmä hakee lastin varastopaikasta ja syöttää sen varastosta laiturille operoivalle kuljettimelle. Laiturilla lastattavat tavarat siirretään kuljettimelta laivaan joko nostureilla tai trukeilla.

#### 4.2.5 Rauma

Raumalla paperirullatrukeissa on lukuisia käyttöä helpottavia teknisiä sovellutuksia. Sataman trukeissa on mikroprosessoriohjattuja toimintoja, joissa tietokone valvoo mm. sitä, että rulla lasketaan maahan täsmälleen pystysuorassa, jottei rullan kulma vaurioidu (SMV). Muita ominaisuuksia on mm. jarrujen lukkiutuminen, kun trukki on pysähtynyt ja penkin lukkiutuminen eteen-asentoon nopeassa ajossa.

Kuva 15 Rauman satamassa käytössä oleva vastapainotrukki, jossa on runsaasti uusia teknisiä innovaatioita



Rauman satamassa lastinkäsittelyn yhtä mekanisointiratkaisua edustaa lastaussilta, jota käytetään ruuhkahuippujen aikana, jolloin ylimääräinen lastausramppi tuo kohteeseen lisää lastaus- / purkauskapasiteettia.

#### 4.2.6 Helsinki

Helsingin Satama on maamme johtava yksikköliikenteen satama. Sillä on jatkuvasti menossa useita kehitysprojekteja koskien ohjausjärjestelmiä, porttitoimintojen automatisointia, yksikköjen ja käsittelykaluston paikannusta jne. Osa hankkeista on edennyt myös toteutukseen ja niistä on lupaavia käyttökokemuksia. Selvityksen rajaamissa puitteissa tilannetta Helsingin Satamassa on käsitelty muun muassa sivuilla: 8, 9, 25, 29, 35, 38, 60, 61, 62 ja 63.



## 5 AUTOMATIIKAN KÄYTTÖ ULKOMAISISSA SATAMISSA

Automatiikka on useissa ulkomaiden suursatamissa laajemmin käytössä kuin Suomessa. Kyseisten satamien läpi kulkevat tavaravirrat ovat volyymiltaan suurempia ja tarvitsevat siten kehittyneet valvonta- ja seurantajärjestelmät niiden hallintaan. Tällä hetkellä yksikkökäsittelyn automatisointi on kehittyneimmilläänkin vain osittaista. Automatisointiasteeltaan maailman huippua edustavissa satamissa esimerkiksi alusten sekä maakuljetusvälineiden lastaus- ja purkaustoiminnot ovat vain puoliksi automatisoituja. Näiden lisäksi muun muassa vaarallisia aineita sisältävät yksiköt, lämpötilasäätelyä vaativat yksiköt ja tullitarkastuksiin menevät yksiköt vaativat lähes poikkeuksetta manuaalista käsittelyä. Seuraavassa on esitelty muutamia käytössä olevia järjestelmiä:

### 5.1 Rotterdam

Rotterdam on maailman automatisoiduin konttisatama. Siellä on käytössä muun muassa 56+60 vihivaunun järjestelmä konttien siirtoon laiturin ja varastokentän välillä. Järjestelmän ajonopeus on 3,5 m/s ja paikoitustarkkuus  $\pm 30$  mm. Vihivaunu liikkuu sekä etu- ja takaperin. Rotterdamin automaattivarastossa on 24 gantry-nosturia (RTG) ja laiturilla 8 konttinosturia, joista 4 voi nostaa 2 konttia kerralla. Järjestelmä on Maasvlakten DSL-terminaalissa (Demag/Gottwald). Terminaalin kapasiteetti on 550 000 konttia/a eli noin 70 laivaa/vko. Eri terminaalien laajennuksiin ja prosessien jatkokehittelyyn on varattu 5 Mrd mk.

Rotterdamin Bell-linen terminaaliin saapuessaan kuorma-autot ilmoittautuvat hallinnossa ja saavat mukaansa älykortin, jonka avulla auto pääsee pukkinosturin luokse luovuttamaan tai hakemaan kontin. Vastaavan tyyppistä älykorttitekniikkaa hyödynnetään Felixstowen satamassa. Kuljetusliike voi tulostaa haettavan kontin numeron ja paikan etukäteen omassa toimistossaan. Sataman portilla automaatti lukee kortin ja printtaa siihen kontin tarkan sijainnin. Auto ajaa varastoalueelle ja syöttää kortin lukijaan, josta tieto menee varastonosturille. Varastonosturi hakee kontin ja lastaa sen autoon. Sama kortti toimii myös ulospääsylimppuna.

### 5.2 Singapore

Singaporessa on käytössä Mitsui:n vihivaunujärjestelmä konttien siirtoon laiturin ja varastokentän välillä. Pasir Panjang:ssa Singaporessa varastonosturien automatiikkaa on kehitetty 80 nosturille erilaisten anturien avulla ja niitä ohjaillaan kauko-ohjausjärjestelmällä erikoistilanteissa. Singaporen Brani Terminal 2:ssa on käytössä täysautomaattinen konttivarastojärjestelmä toteutettuna 2 siltanosturilla. Tekniikkana on käytössä muun muassa näöntunnistus ja ultraäänietäisyysmittaus.

### 5.3 Thamesport

Thamesportissa on käytössä trailereiden paikoitusjärjestelmä laiturinosturin alle siten, että kontin otto/jätto nopeutuu. Thamesport:in automaattinen konttivarasto on toteutettu leveäjalkaisilla konttinostureilla. Varaston ja laiturin välinen kuljetus tapahtuu vihivaunuilla.



#### 5.4 Nosturitekniikka ja ohjausjärjestelmät

Erilaiset vihivaunujärjestelmät ja nosturitekniikan parannukset ovat ulkomaisissa suursatamissa tärkeä kehityksen kohde. Vihivaunujen toimintaperiaatteita on tarkasteltu tarkemmin kohdassa 5.1.6.

Noell on kehittänyt useita eri konsepteja satamissa käytetyn teknologian kehittämiseksi. Lukeissa BLG, Hampurissa, Bremenissä, RTG:ssä Algeciras ja Singaporessa on käytössä spreaderin automaattinen tartunta-automatiikka, jonka kehittäjänä on ollut Noell. Noell on kehittänyt myös nosturin kunnonvalvontajärjestelmän ja yhdessä ICRAS:n ja Demag:n kanssa automaattisen nosturin taakan heilunnan eston. Muita Noell:n innovaatioita satamakoneiden kehittämisen osalta ovat muun muassa energiansäästö palauttamalla hidastuksissa ja jarrutuksissa energiaa verkkoon sekä suunnistusjärjestelmä muun muassa lukeille kolmessa ruotsalaisessa satamassa. Hampurissa kehityksen alla on 70:n lukin ohjaus käyttäen laser-teknologiaa. Ohjauksesta vastaa luultavasti NDC -yhtiö Göteborgista.

Perinteisessä LoLo-käsittelyssä vaikeuksia nosto- ja laskuvaiheen aikana aiheuttaa yksikön epätasainen painonjakautuma ja ulkopuoliset tekijät kuten tuuli. Tämän lisäksi konttien käsittelyssä tarttujan nopea ja tarkka kohdistaminen on joskus aikaavievää. Mikroprosessoriohjattu "nivel", joka yhdistää nosturin vajerin ja tarttujan ratkaisee osaltaan nämä ongelmat. Mielenkiintoisinta konseptissa on tarttujaan ja niveleen asennetut sensorit, jotka mittaavat erisuuntaisia liikkeitä sekä kiihtyvyyksiä ja saadusta tiedosta tehdään automaattisesti tarvittavat korjaukset.

Laitteen ansiosta käsiteltävä yksikkö pysyy automaattisesti oikeassa asennossa. Laite parantaa lastaus- ja purkauskapasiteettia jopa 20 prosentilla. Edut tulevat selvimmin esiin esimerkiksi silloin kun yksiköt pitää asetella aluksen ruumaan hyvin lähelle toisiaan: tarttujan asento on aina vakio tartuntapintaa lähestyttäessä, jolloin hienosäätöihin ei kulu turhaa aikaa. Myöskään nosturikuljettajan ammattitaito ei näytele yhtä suurta osaa kuin ennen.

Automaattiset toiminnanohjausjärjestelmät (esim. Cosmos, käyttäjä mm. Finnsteve/Hki, CITOS, käyttäjä mm. Singapore), jotka automatisoivat porttitoiminnot, varastoinnin, laivojen lastaussuunnittelun, lastauksen ja purun ovat käytössä jo useissa eri satamissa ympäri maailmaa.

Satamaympäristön ulkopuolisista järjestelmistä mainittakoon Münchenin lentokentällä käytössä oleva atk-järjestelmä, joka rekisteröi kuorma-autot sisäänajossa ja ohjaa ne kuorman oton tai jätön kannalta sopivaan paikkaan. Vastaavasti nosturikuskit saavat atk:lta käskyt palvella autoja niiden odotusaikojen minimoimiseksi.

Kuva 16 Rotterdam on maailman automatisoiduin konttisatama





## 6 TEOLLISUUDESTA SATAMIIN SOVELLETTAVISSA OLEVAT TEKNOLOGIAT

### 6.1 Varastotyyppit ja niiden sisäiset kuljetusjärjestelmät

Tuotantolaitoksilla on käytössään moninaisia varastointiin ja lyhyisiin kuljetuksiin tarkoitettuja systeemejä. Järjestelmien mittakaava on usein satamaolosuhteita huomattavasti pienempi, mutta kuten seuraavasta ilmenee peruskonseptia voidaan soveltaa myös satamatoimintoihin.

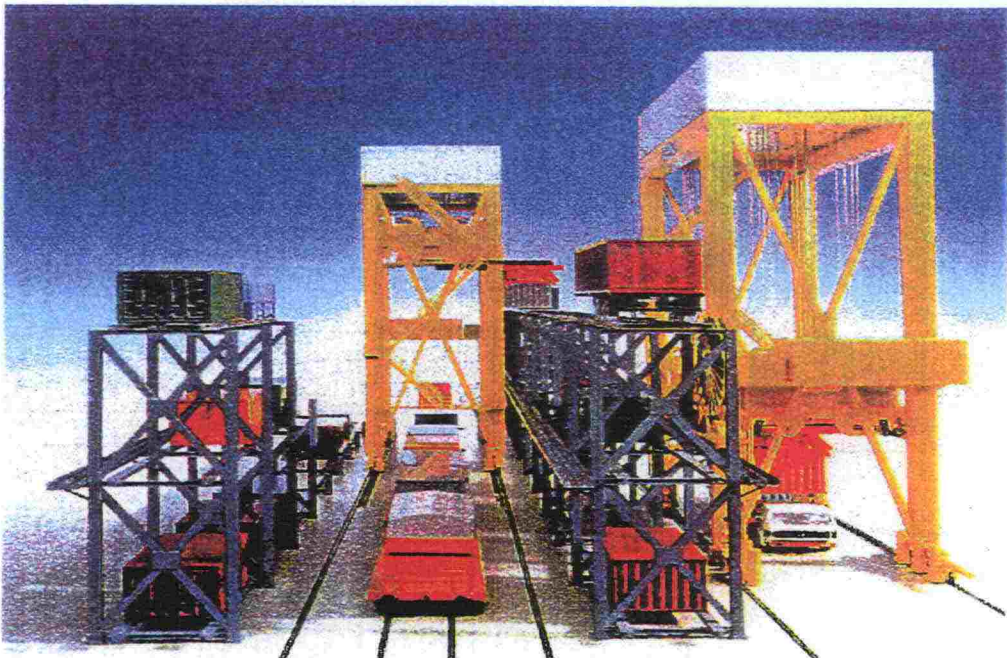
#### 6.1.1 Korkeavarastot

Näissä on materiaalinkäsittelylaitteena hyllystöhissi, joka kulkee kapeassa käytävässä. Hissi varastoi kuorman radan molemmin puolin oleviin hyllyihin, joiden korkeus voi olla jopa 40 m. Varastossa voi olla useita hissejä, kukin omassa käytävässään.

Raskaimmat toteutetut laitokset ovat teräskeloille 30 tn, muun muassa Torniossa Outokumpu Polarit Oy. Lontoossa on toteutettu lentokonttijärjestelmä tällaisella teknologialla.

Saksalainen Noell on tarjonnut ratkaisumallia intermodaaliterminaleihin konttien juna/auto-vaihtoihin. Järjestelmä pystyy varastoimaan kontit kahteen riviin sen ajoradan molemmille puolille esim. 5 konttia hyllyssä päällekkäin, joten sen varastointikapasiteetti satamakäytössä ei yleensä ole riittävä. Sen sijaan sen suorituskyky konttia/h on korkea. Yksi laite saattaisi pystyä siirtämään varastoon tai varastosta 30 konttia/h. Järjestelmän perusajatuksena on, että junat ja autot pääsevät ajamaan suoraan korkeavarastoon. Tämän johdosta terminaalin hyllystöt on järjestetty siten, että autoille ja junille on varattu omat käytävänsä hyllyrivien väliin. Jokaisen kaistan välissä kulkee yksi tai tarvittaessa useampi lukkia muistuttava käsittelylaite. Terminaalin olisi oltava käsittelyn sujuvuuden takaamiseksi yhtä pitkä kuin junan. Jokainen hyllystöön sijoitettu yksikkö on haettavissa yksitellen, ilman että lähellä sijaitsevia kontteja tarvitsisi siirtää. Etuna on myös autojen sekä junien lastaus-/purkausprosessien erottaminen toisistaan. Kaikilla käytävillä voidaan operoida samanaikaisesti vaikuttamatta toisen toimintaan.

Kuva 17 Noell:n ehdotus korkeavaraston hyödyntämiseksi tulevaisuudessa intermodaaliterminaalissa



### 6.1.2 Läpivirtausvarastot

Näissä järjestelmissä toiminta on samankaltainen kuin automaattikorkeavarastoissa sillä erolla, että kuormat syötetään sisään varaston toiselta puolelta ja otetaan ulos toiselta. Solassa voi olla useita kuormia, jopa kymmenen, peräkkäin. Kuorman liike varaston läpi aikaansaadaan painovoiman avulla tai moottoroituna joko niin, että varastotasot muodostuvat rullaradoista, joita pitkin kuorma liukuu, tai kuorma voi olla pyörillä varustetun vaunun päällä.

Kontit tulisi varastoida hyllyissä ja liikuttaa niitä lisäksi hyllyn läpi päästä toiseen. Tästä ratkaisutyyppistä tuskin löytyy käyttökelpoisia toteutusideoita.

### 6.1.3 Satelliittivarastot

Näissä usea kuorma on hyllyssä peräkkäin; hyllystöhissi pääsee niihin käsiksi ajamalla hyllyn sisään ns. satelliittivaunun, joka hakee kuorman syvältäkin hyllystön sisältä hyllystöhissin kyytiin. Eroaa tekniikaltaan läpivirtausvarastosta, mutta kuten läpivirtausvarastokin, mahdollistaa syvävarastoinnin. Toimii kuitenkin periaatteella first in-last out toisin kuin läpivirtausvarasto, jonka toimintaperiaate on first in- first out.

Kuten läpivirtausvarastossakin kontit tulisi varastoida hyllyissä. Hyllypaikkaa kohti kustannus saattaa nousta useaan kymmeneen tuhanteen markkaan, joten esim. 100 kontin hyllystö maksaisi useita milj. mk.

### 6.1.4 Varastotalo ilman erillisiä hyllystöhissejä (Activ)

Suomalainen Activ-järjestelmä toimii siten, että kuormalavat varastoidaan pitkissä varastosolissa, joita voi olla kymmeniä rinnakkain ja useita päällekkäin. Solavarastointiin käytetään solakohtaisia vaijerivetoisia vaunuja, jotka pystyvät liikkumaan varastossa olevien kuormien alapuolella. Sola toimii aina first in-first out-periaatteella. Poikittaisvaunu tuo kuorman solan päähän, josta solavaunu ottaa sen ja vie varastosolaan.

Varastosta ulosotto tehdään vastaavasti siten, että solavaunu tuo kuorman solan ulosottopäähän, josta poikittaisvaunu hakee sen. Kun solan päästä otetaan lava pois, solavaunu siirtää ehtiessään solan kaikki lavat yhden paikan eteenpäin ulostulon suuntaan. Jos varasto tehdään monikerroksiseksi, hissit kuljettavat kuormat kerrosten välillä.

Activ-järjestelmät toimivat nykyisin max. 1 tn kuormilla. Todennäköisesti ainoa taloudellisesti toteutettavissa oleva ratkaisu on yksikerrosrakenteena, jolloin kontit makaavat maassa kiskoja päällä ja vaijerivedetty ajovaunu kulkee kiskoja välissä konttien alapuolella. Tarpeellinen varastokapasiteetti saadaan järjestämällä varastosolien pituus ja rinnakkaisten varastosolien määrä sopivaksi. Toimii käytännössä ainoastaan first in-first out-periaatteella.

Lumi, jää ja roskat tullevat tällaiselle ratkaisulle ongelmaksi, jolloin radan päällä konttien ylitse kulkeva lukintapainen ratkaisu olisi parempi. Lukki on kuitenkin jo rutiinikäytössä konttisatamavarastoinnissa, jopa osaksi automatisoituna, joten tämä kehitelmä ei antane monia uusia ideoita.



### 6.1.5 Ilmatyynyvaunut

Näitä on toteutettu myös automaattisina vihivaunuina ja ne pystyvät siirtämään kymmenien tonnin kuormia. Ne tarvitsevat toimiakseen paineilmaa joko letkusta tai omalla kompressorilla.

Ilmatyynyvaunu trukin korvaavana vaihtoehtona ei ehkä ole satamissa kiinnostava ratkaisu, koska riittävän järeitä polttomoottoritrukkeja on olemassa. Ilmatyynyvaunu ei myöskään pölyämisen vuoksi ole kätevä ratkaisu ulkokentille.

### 6.1.6 Vihivaunut

Vihivaunuja on käytetty teollisuudessa 30 vuotta. Vihivaunu osaa kulkea ilman kisko-ohjausta ohjausjärjestelmänsä ansiosta ja se on varustettu turvalaitteilla törmäyksen varalta. Vihivaunu on hidas (n. 1 m/s) ja yleensä kuljettaa yhden kuorman kerrallaan. Siitä syystä sitä yleensä käytetään ohuissa materiaaliavirroissa tavaransiirtoon pitkien etäisyyksien päähän. Jos virrat ovat suuret, tarvitaan vastaavasti suurempi määrä vihivaunuja ja näille myös liikenteenohjaus "liikennevaloineen" ja ajo-oikeusmäärittelyineen.

Vihivaunu voi olla varustettu kuljettimella tai jollakin tarttujalla, jolla se ottaa kuorman tai jättää sen tai kuorma nostetaan ulkoisella laitteella sen päälle/päältä. Vihivaunu voi myös hinata perävaunua.

Vihivaunuratkaisuja on toteutettu 1990-luvulla Rotterdamin ja Singaporen satamissa. Rotterdamissa on käytössä yli 100 dieselkäyttöistä vihivaunua.

Kuva 18 Vihivaunu käytössä Rotterdamin ECT-terminaalissa



### 6.1.7 Kiskovaunut

Toimintaperiaate sama, kuin edellä esitetyllä vihivaunulla, mutta vaunu kulkee kiskoilla ja yleensä eristetyllä alueella, jolloin ajonopeudet voivat olla esim. 2 m/s.

Automaattinen lukin tapainen kiskovaunu, joka pystyisi sivusiirron avulla siirtymään konttiriviltä toiselle, voisi joissakin tapauksissa olla sopiva ratkaisu konttivarastointiin.

#### 6.1.8 Siltanosturit/pukkinosturit

Käytössä on manuaalisia ja automaattisia ratkaisuja. Automaattiset laitteet pystyvät ajamaan radalla tarkasti kohteeseen ja ottamaan/jättämään automaattisesti kuorman. Järjestelmissä voi olla esim. 2 samalla radalla kulkevaa nosturia, jotka osaavat jakaa työt optimaalisesti keskenään ja väistää toisiaan. Siltanostureita on käytössä muun muassa Singaporen satamassa automaattisina varastointikoneina. Suomessa siltanostureita on aikanaan käytetty sahatavaran lastaukseen varastosta suoraan alukseen.

Kuva 19 Esimerkki siltanosturista



#### 6.1.9 Rakennusnosturit

Tyhjien konttien varastointiin sopii myös rakennusnosturi. Rakennusnosturit voivat siirtää tavaraa 40 m säteellä, tosin kuorma pienenee ulospäin mentäessä. Tornin läheisyydessä kuorma voi olla 10 t, vaakapalkin kärjessä 2-6 t riippuen nosturin järeydestä. Koska tyhjä 20' kontti painavat 2,2 t ja 40' kontit 3,2 t, normaali rakennusnosturi pystyy käsittelemään niitä 40 m säteellä, eli kattamaan lähes 5000 m<sup>2</sup> alueen. Tällaiselle alueelle mahtuu pinottuna yli 1500 konttia.

Halpa ja hyvä idea. Käytössä jo tyhjien konttien varastointiin Aasiassa, esimerkiksi Hong Kongissa.



### 6.1.10 Monorail

Monorailissa siirretään tavaraa katossa kulkevaa kiskoa pitkin paikasta toiseen. Nämä ovat toisinaan laajoja monihaaraisia järjestelmiä, kuten esimerkiksi autotehtaissa käytettävät sovellutukset ja niitä käytetään myös tuotantoprosessien välisinä puskureina. Kannatuskoukut ovat joko ketjuvetoisia tai varustettu kukin omalla käytöllä.

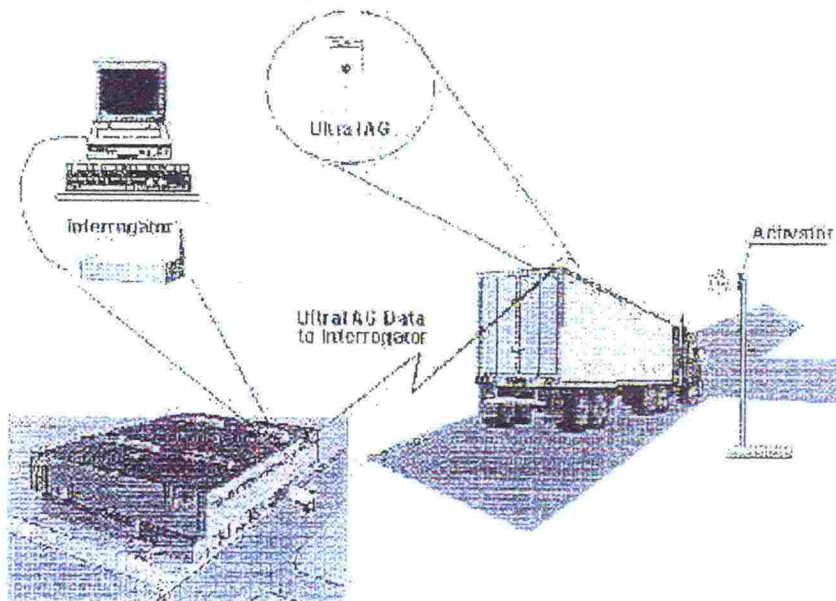
Saksalaiset ovat rakentaneet sovellutuksen myös konttien kuljetukseen (CONCAR). Esimerkki CONCAR-sovellutuksesta on esitetty myöhemmin kuvassa 26.

## 6.2 Automaattinen tunnistus ja atk-järjestelmät

Lastinkäsittelyjärjestelmä muodostuu kahdesta osasta: tekniikasta ja sitä ohjaavasta hallintajärjestelmästä. Automaatiota ei voida hyödyntää ilman toimivaa ohjausjärjestelmää. Varastoinnin ja satamakäsittelyn automatisoinnilla saavutettavat edut jäävät vähäisiksi, mikäli niihin liittyvän tiedon käsittely ja kulku satamassa ja sataman sidosryhmien välillä eivät kehity saman aikaisesti.

Ihmisten, laitteiden ja tavarann tunnistukseen on olemassa kolme menetelmää: koodinkantajat, viivakoodit ja visuaalinen tunnistus. Oheinen kuva esittää erästä johdotonta tavarann tunnistusmenetelmää, jonka avulla voidaan tunnistaa ja seurata muun muassa palletojen, trailereiden, konttien, trukkien tai muiden suurikokoisten esineiden liikkeitä.

Kuva 20 UltraTAG on johdoton tavarann tunnistusmenetelmä



Randtec Inc. :n (USA) valmistama UltraTAG on pakattu UV-suojattuun ABS-muoviin. Se lähettää radiosignaalia, jonka avulla tavara voidaan identifioida. UltraTAG aktivoituu tarkastuspisteessä, joka voidaan sijoittaa esimerkiksi sataman portille tai laiturialueelle. Sen lähettämän radiokoodin lukija voidaan liittää tietokantaan, jolla varastojärjestelmää hallitaan.

Koodinkantajat on lupaava teknologia, mutta ongelmana on standardoinnin puute. Yhden laitetoimittajan laitteet eivät lue muiden laitetoimittajien koodinkantajia. ISO 10374 on vain osittaisratkaisu. Koodinkantajat on myös kallis investointi (á 20 mk/kpl).

Viivakoodit ovat halpa merkitsemistapa. Ne on myös hyvin standardisoitu, joten ne eivät ole valmistajariippuvaisia. Saatavissa on myös viivakooditunnisteita, joita voidaan lukea yli 5 metrin päästä. Viivakoodin tai tunnistesirun kehittäminen on jatkuva prosessi kaikissa satamissa ja myös talviolosuhteissa toimivan ratkaisun löytäminen nopeuttaisi muun automatiikan käyttöönottoa. Tuotteen tunnistaminen ja rekisteröinti informaatiojärjestelmään on perusedellytys kokonaisvaltaisten ohjausjärjestelmien luomiselle ja tätä kautta myös automatiikan lisäämiselle.

Numeroiden visuaalinen tunnistus on uusi menetelmä ja edellyttää kameran ja siihen liittyvän ohjelmiston käyttöä. Lukutarkkuus on nykyisellä tekniikalla noin 90%. Muun muassa Maher Terminals' (US) pyrkii portille sijoitetun visuaalisen tunnistusmenetelmän ja atk-pohjaisen varastohallintajärjestelmänsä avulla täysin paperittomaan EDI (Electronic Data Interchange) kanssakäyntiin eri sidosryhmien kanssa.

Konttien käsittelyssä ja varastoinnissa atk-järjestelmät ovat pitkälle kehittyneitä. Muun muassa Finnstevelä on käytössä lukkien ajon seuranta satelliittijärjestelmällä ja spreaderin käytön seuranta siten, että jokaisen kontin paikan vaihtuminen voidaan selvittää: real inventory control. Myös Kotkan Hietasessa konttien paikannukseen käytetään satelliittijärjestelmää. Suomalaisen Modulaire Oy:n kehittämä järjestelmä paikantaa kontit ja käsittelykoneet kehittyneen GPS-tekniikan avulla, joka käyttää ns. kaksitaajuusjärjestelmää. Sillä päästään jopa kahden sentin paikannustarkkuuteen.

Hietasen konttilukkeihin on sijoitettu GPS-anturi. GPS-järjestelmä tukeutuu amerikkalaisiin satelliitteihin. Katvealueen sattuessa katkokset paikkaa lukkien monianturitekniikka muun muassa kuituoptynen gyroskooppi. Haettavan kontin numero syötetään tietojärjestelmään, josta se välittyy suoraan lukkiin. Kuljettaja näkee kaiken tarpeellisen ohjaamon PC:n näytöltä. Järjestelmä määrittelee kentän, rivin ja ruudun, josta kontti on haettavissa. Satelliittiohjatut paikantamisanurit ohjaavat lukin perille jopa lumesta ja jäältä huolimatta.

Singaporessa on menty tästäkin vielä pidemmälle. Pyrkimys hallita suurempaa osaa kuljetusketjusta ja parantaa tuottavuutta, on saanut PSA:n (The Port of Singapore Authority) ja NCB:n (The National Computer Board) yhdistämään voimansa. Konttien seuranta on ulotettu konttikenttien ulkopuolelle käyttämällä muun muassa maantiekuljetuksien automaattista seurantaa. Mainitunkaltainen yhteistyö eri kuljetusketjun osien välillä on parantanut tuottavuutta ja helpottanut resurssien hallintaa.

Suomessa pyrkimys nopeaan ja reaaliaikaiseen tiedonvälitykseen sataman ja sen sidosryhmien välillä synnytti vuonna 1992 uuden projektin, jolle tuli nimeksi Portnet. Portnet on Suomessa toimiva satamien ja merenkulun palvelutietoverkko, joka pohjautuu elektronisesti lähetettävään tietoon, jota päivitetään keskitettyyn tietopankkiin. Keskustietokoneella sijaitsevasta tietokannasta voidaan tehdä kyselyjä tai siirtää tietoa organisaation omiin järjestelmiin esimerkiksi EDIFACT (EDI) sanomina. Portnetin kautta satamat ja sidosryhmät (portnetin käyttäjät) saavat ajantasalla olevaa tietoa muun muassa alusten saapumis- ja lähtöajoista, lastista ja rotaatiosta. Tämä helpottaa kaikkien osalta resurssien hallintaa ja tuotannon suunnittelua.



## 7 LASTINKÄSITTELYAUTOMAATION TUTKIMUS- JA KEHITYSTYÖ

### 7.1 Satama-alan tavarankäsittelyä koskeva tutkimus ja kehitys Suomessa

Toistaiseksi laajin yhtenäinen tutkimus on kohdistunut kemiallisen metsäteollisuudenteollisuuden tuotteiden käsittelyyn. Sen tuloksista Teknologian Kehittämiskeskus (TEKES) on laatinut julkaisusarjan "Paperin käsittely ja kuljetus 2000" (PKK 2000). Eräs merkittävä ohjelmakokonaisuus on kuljetusketjun ja sen osien tutkimus- ja kehittämisohjelma (KETJU), jonka osarahoitusta tukevat sekä liikenneministeriö että TEKES. Toinen merkittävä hanke on Liikenneministeriön vuonna 1998 käynnistämä liikennetelematiikan rakenteiden tutkimus- ja kehittämisohjelman (TETRA), 1997-2000.

Alla on kuvattu lyhyesti viime vuosina tehtyt tai vielä tekeillä olevat satamien tavarankäsittelyyn liittyvät kehityshankkeet. Suomessa on tutkittu ennen kaikkea paperirullien automaattista purkamista autosta/junasta ja rakennettu mm. pilottilaitteistot Kotkaan ja Haminaan (Paperi 2000).

TULKO-projektissa rakennettu manipulaattori perustuu pyöräkuormajaan, joka on varustettu paperirullatarttujalla ja näkökyvyllä. Se pystyy löytämään junavaunun, vaunun aukon ja vaunusta rullan ja tarttumaan siihen. Prototyypin jatkokehitys on toistaiseksi pysähdyksissä.

Haminan laitteisto muodostuu auton lavan purkulaitteistosta ja rullat varastoon vievästä vihivaunusta. Rullapaino on 3 t. Auto puretaan käyttämällä lavan pituista työntintä. Lavan sivu avataan, ja työnnin työntää kaikki rullat yhdellä kertaa lavalta laiturille. Tämä edellyttää lavalla teräspintaista alustaa. Laiturilla olevat rullat asettuvat 2 vierekkäin kuljettimelle, jonka päästä vihivaunu ne hakee, vie varastoon, etsii vapaan paikan tai vajaan pinon ja jättää rullan. Laitteisto ei ole vielä operatiivisessa käytössä.

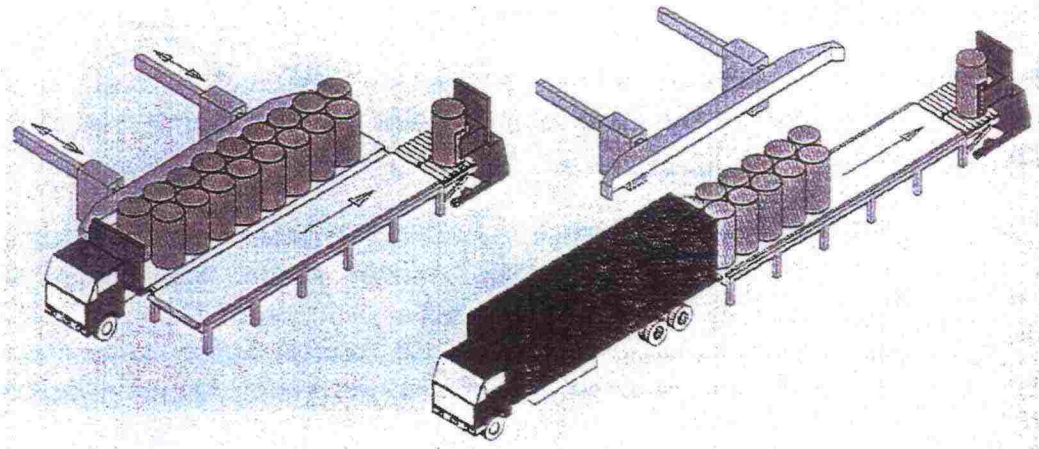
Eräs jo toteutettu vaihtoehto purkaa auto on varustaa auton lava kuljettimella, jonka avulla purkaminen voidaan suorittaa kuormatilan perästä.

Haminan satamassa on käytössä toinenkin kehittynyt menetelmä, jossa paperirullat lastataan varastossa alustalle, joka viedään sitten trukilla laiturille laivan viereen. Paperirullat lastataan yhä edelleen pääosin slingoilla, mutta lastausalustat on otettu käyttöön tuotteen vaurioitumisriskien vähentämiseksi.

Alustoja on kahta eri kokoa; 4x2m alusta on kantavuudeltaan noin 12 tonnia ja 20' flatin kokoisen 6x2,5m alustan kantavuus on noin 20 tonnia. Nosturi on varustettu "hupulla / kehikolla", joka lasketaan alustan päälle ja lukittuu siihen. Kun alusta on nostettu laivaan, sieltä otetaan pois toinen, jo tyhjennetty alusta. Sovellutus on tärkeä erityisesti, kun käsitellään monia erikokoisia rullia, joita on hankala nostaa henkseleillä.

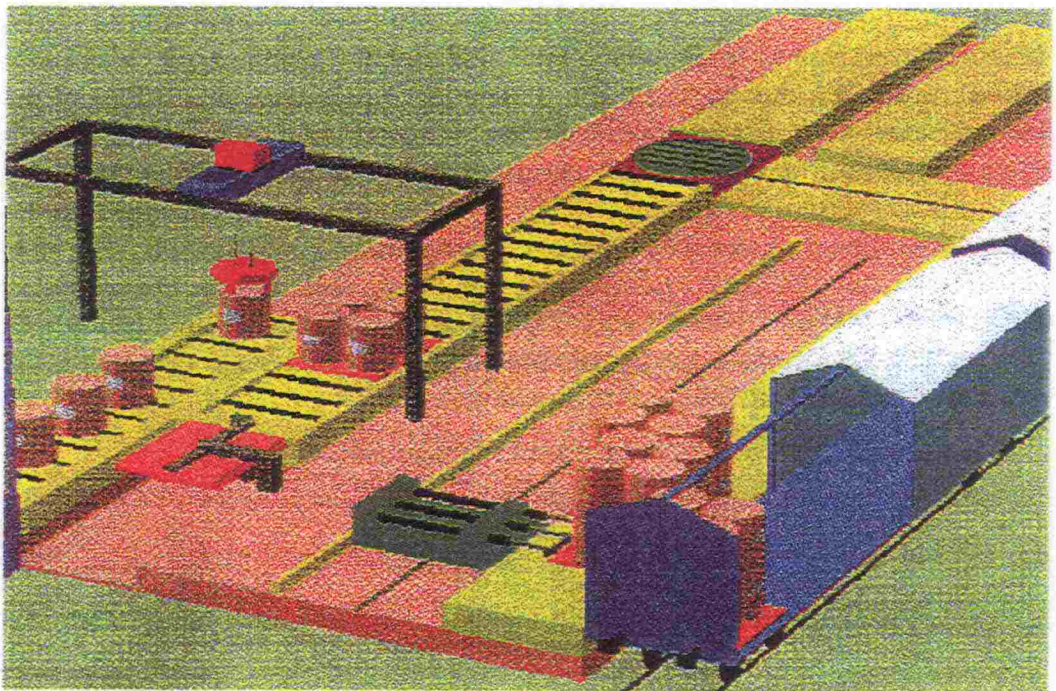


Kuva 21 Paperirullien purku Haminan satamassa (VTT, Permala)



Paperirullien käsittelyyn on Suomessa (VTT) myös kaavailtu ohutta 3\*3 m levyä (vaneri tms.), jolle rullat voi asettaa ja tätä yksikköä siirtää, tosin ilman nostomahdollisuutta, eri kuljetusmuotojen välillä.

Kuva 22 Kaaviokuva kevytaluustojen käytöstä paperirullien lastauksessa junaan (VTT, Permala)



Ero kasettiin verrattuna on siinä, että alusta ei paina paljon, eikä sitä tarvitse palauttaa. Sen haittapuoli luonnollisesti on, että se on aina kuljetettava kuljettimien tai muiden alustojen tukemana ilman nostomahdollisuutta.



Uusin paperirullien automatisointiin liittyvä kehitysaskel on Pesmel Oy:n rakentama junanvaunun lastausjärjestelmä, jossa koko vaunullinen lastataan muutamassa minuutissa. Sovellutuksen käyttäminen vaunun purkaukseen käy yhtä hyvin.

Paperirullakäsittelyn kehittämisen ja automaation lisäksi muilla lastinkäsittelyn alueilla on tehty varsin vähän kehitystyötä käsittelyn automatisoimiseksi. Seuraavassa on esitetty joitakin tiedossa olevista.

- Helsingissä (Finnsteve) on kehitetty lukkien satelliittiseuranta, jonka avulla on automatisoitu konttien varastointitiedon välittäminen. Kun seurataan lukin liikkeitä satelliittipaikannusmenetelmällä ja lisäksi spreaderin toimintoja, voidaan näistä päätellä konttien jättöpaikat ja siten automatisoida varastoinventaarin pito. Paikannuksen tavoitetarkkuus on yksi metri.
- EU:ssa ja Suomessa on joitakin kehitysprojekteja konttinumeron automaattitunnistuksen kehittämiseksi.

## 7.2 Satama-alan tavarankäsittelyä koskeva tutkimus ja kehitys ulkomailla

Ulkomailla satamien läpi kulkevien tavaravirtojen suuret volyymit sekä maa-alueiden niukkuus/kalleus ovat pakottaneet panostamaan tavarankäsittelyä koskevaan tutkimus- ja kehitystyöhön enemmän aikaa ja rahaa kuin Suomen satamissa. Ulkomaisissa satamissa toimivilla suurilla kansainvälisillä yhtiöillä on enemmän resursseja kehitystyön hallintaan. Seuraavassa on esitetty muutamia tärkeimpiä kansainvälisiä innovaatioita.

Saksalainen Preussage Noell on ollut aktiivisesti kehittämässä erilaisia ratkaisuja konttiterminalien käsittelyjärjestelmiksi. Hampurin Euro-Kai:ssa on Noell:n tekemä kiskoilla kulkeva lineaarimoottorijärjestelmä konttien siirtoon laiturin ja varastokentän välillä. Pallettien siirtoon on omat erilliset vaununs. Konttinosturit laskevat kontin vaunuun, joka kuljettaa kontin kiskoja pitkin varastoon. Vaunut ohjautuvat automaattisesti ja niiden kuljettamien konttien varastopaikat tallentuvat terminaalin ohjausjärjestelmään. Itse vaunussa ei ole liikkuvia tai aktiivisia osia paitsi pyörät, jotta kaluston operointiluotettavuus olisi mahdollisimman korkea. Sääolosuhteet eivät vaikuta järjestelmän toimintaan, sillä vaunuja liikutetaan tehokkaiden sähkömagneettien avulla. Vaunut liikkuvat ruudukkokuvioisella ratakehikolla, joka mahdollistaa 90 asteen käännökset.

Kuva 23 Noell:n Lineaarimoottorijärjestelmä





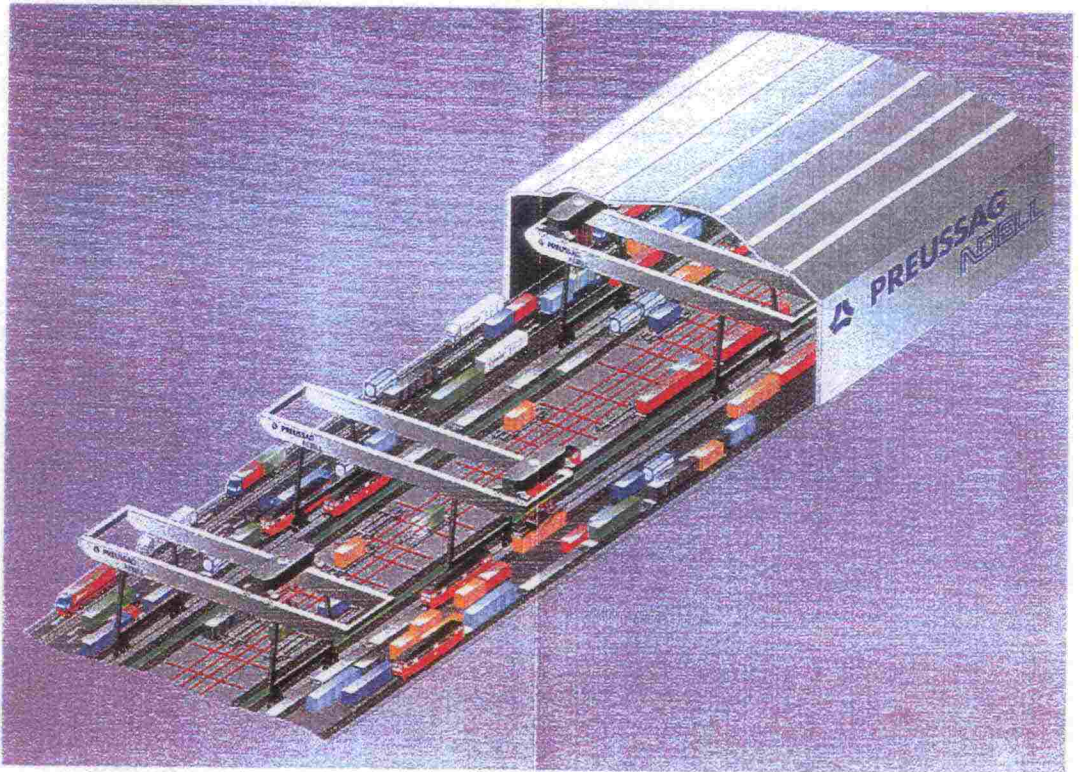
Lineaarimoottorijärjestelmän kulut per lastiysikkö ovat tutkimustulosten perusteella osoittautuneet jopa 10% alemmiksi kuin muilla kontin käsittelymenetelmillä. Noell:n innovaatio asettaa kuitenkin lisävaatimuksia myös lastauksen/purkauksen suorittavalle tekniikalle (konttinosturit). Nykyisten konttinostureiden nopeus ei ole riittävä, jolloin laituriosalle saattaa syntyä ruuhkia.

Toinen Noell:n kehittämä konsepti on ns. Mega-Hub, jossa pukkinostureilla ja vaunuilla siirretään kontteja junien tai junien/autojen välillä. Järjestelmässä on 10 nosturia ja useita kuljettimia konttien pitkittäiskuljetukseen, jotka on toteutettu viidellä RMG:llä.

Saksassa (Hampuri) rakenteilla olevan Mega-Hub-järjestelmän suunnitteluun ja käyttöönottoon liittyi useita vaatimuksia ja olettamuksia. Käsittelykapasiteetin oli oltava vähintään 500 000 siirtoa vuodessa, yli 1300 siirtoa päivässä. Samalla varastointitarve on kohtuullisen pieni, keskimäärin 270 yksikköä kerrallaan. Terminaalin käyttöaika on jaettu siten, että siirrot junasta toiseen tapahtuvat pääosin öisin ja vastaavasti junasta autoihin päiväsaikaan.

Kaikkien terminaalialueella olevien yksiköiden tarkat sijaintipaikat ovat reaaliaikaisesti tiedossa ja lähes jokainen yksikkö voidaan hakea ilman muiden konttien siirtelyä. Tämä yhdistettynä pitkälle vietyyn automaatioon mahdollistaa korkeat käsittelynopeudet, luotettavan toiminnan ja pienen henkilöstötarpeen. Mega-Hub on toteutettu pitkälti jo käytössä olevan tekniikan pohjalta. Kustannuksia laskee edelleen pieni tilan- ja energiantarve sekä alhaiset huoltokustannukset. Kuvassa 24 on esimerkki Mega-Hub-konseptin sovellutuksesta.

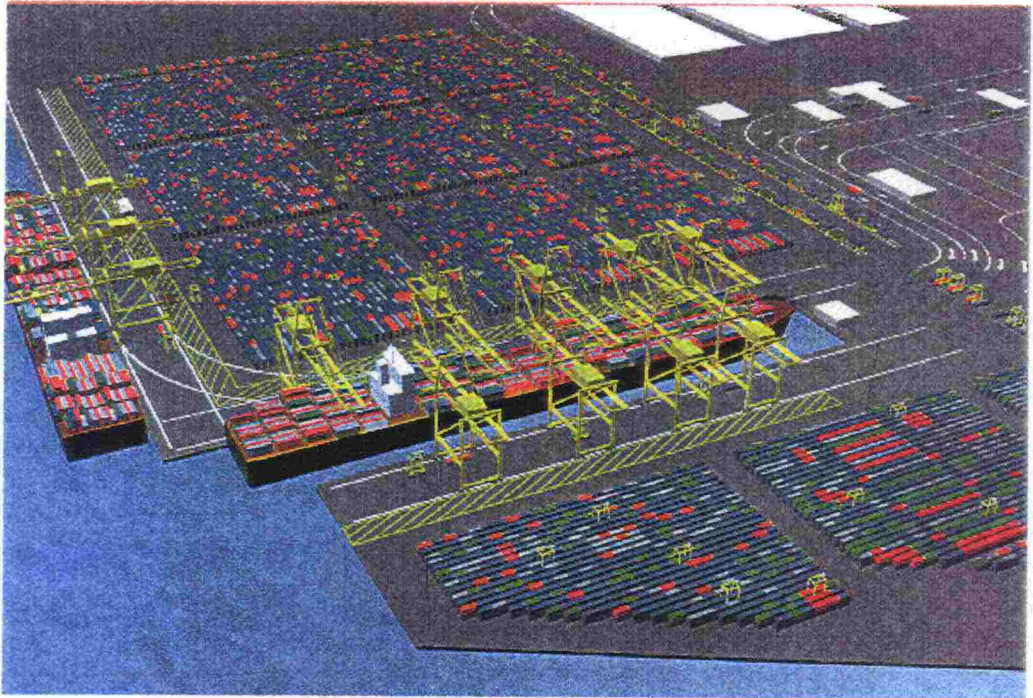
Kuva 24 Noell:n Mega-Hub





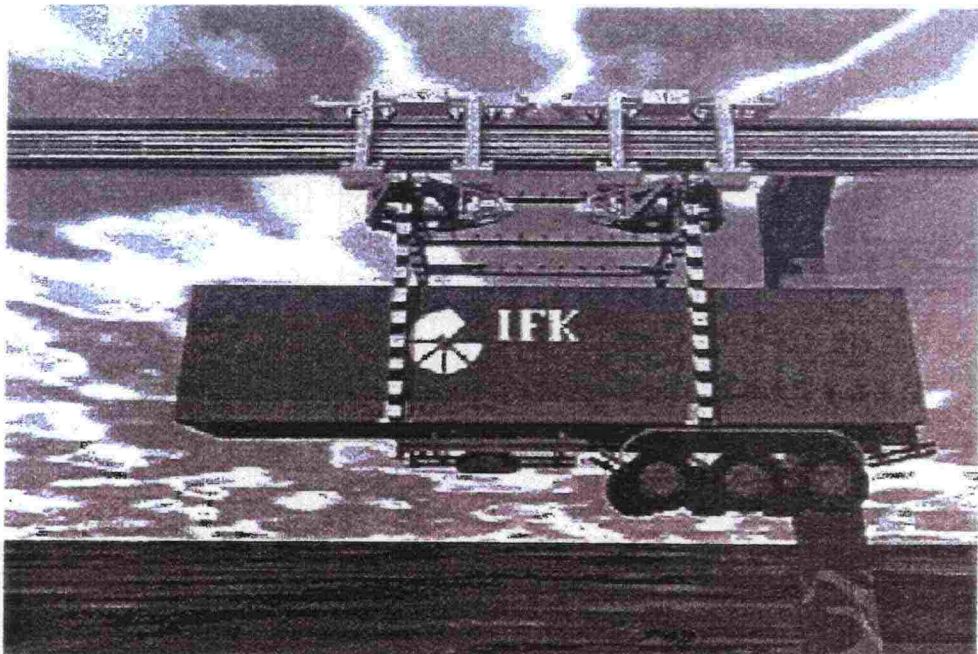
Konttialusten lastaus- ja purkaustoimintojen nopeuttamiseen tähtääviä terminaalijärjestelmiä on kehitteillä useita. Totutusta poikkeavaa suunnittelua edustaa Amsterdamin satamaan mitä todennäköisemmin rakennettava konttiterminaal. Useita vuosia kehitteillä olleen konseptin perusajatuksena on aluksen molemmilla puolilla työskentelevät pukkinosturit. Tämän mahdollistaa merenkäynniltä suojaava allas, johon alus ajetaan. Nosturit ovat liikuteltavia siten, että yhdellä sivulla on tarpeen mukaan yhdestä kuuteen nosturia. Maksimissaan yhden aluksen parissa voi työskennellä kymmenen nosturia, jolloin päästäneen noin kolmeensataan nostoon tunnissa.

Kuva 25 Aluksen lastinkäsittelyä molemmilta puolilta



Thyssen yhdessä Karlsruhen yliopiston kanssa kehittää kontinvaihto- ja kuljetusjärjestelmää nimellä CONCAR (juna-juna, juna-auto), joka perustuu riippuratoihin. Kuvassa 26, jossa on esitetty malli CONCARin toiminnasta.

Kuva 26 CONCAR perustuu riippuratoihin





Hollannissa (Rotterdam, Terberg Benschop) on kehitteillä Combi-Road -järjestelmä konttien kuljettamiseen satamasta sisämaaterminaliin. Tavoitteena on vähentää teiden ruuhkautumista. Laitteistona on ilman kuljettajaa oleva, automaattisesti ajava sähkötraktori ja puoliperävaunu, joka kulkee erikoisradalla 50 km/h. Tavoitteena on saada yhdistelmä kulkemaan muun liikenteen mukana miehittämättömänä. Tämä vaatii kuitenkin kehittyneempiä esteentunnistus- ja ohjausjärjestelmiä. Konsepti on ollut testikäytössä vuodesta 1995 ja tulokset ovat lupaavia.

Kuva 27 Combi-Road



Eurooppalaisten satamien kilpailukykyä parantamaan pyrkivissä projekteissa on usein mukana EU:n komissio joko projektin tilaajana tai sen rahoittajana. Seuraavassa on lyhyesti esitelty EU-projekteja, jotka koskevat automaation ja mekanisoinnin kehittämistä Euroopan satamissa.

- CONTROL-C projektin tarkoitus on kehittää kontinkäsittelylaitteiden tehokkuutta liittämällä uutta teknologiaa nykyisiin järjestelmiin. Muun muassa lukin automaation kehittäminen parantamalla informaatioyhteyden laatua koneen ja konttikentän varastohallintayksikön välillä.
- IMPREND on projekti alku- ja loppukuljetuksen kehittämiseksi terminaleissa. Tarkoitus on analysoida nykyisiä alku- ja loppukuljetuksia ja antaa parannusehdotuksia niiden kehittämiseksi koko Euroopassa.
- IMPULSE intermodaalitoiminnan tekniikoiden kehittäminen erityisesti rautateillä. Projektin tarkoituksena on esitellä teknisiä ja logistisia ratkaisuja, joiden avulla voidaan parantaa intermodaaliliikenteen kannattavuutta, hallintaa ja teknistä tehokkuutta.
- INTERPORT projektin tarkoituksena on löytää ja testata automaattisia tunnistuksen menetelmiä, jotka helpottaisivat kuljetusvälineiden, konttien ja lastinkäsittelylaitteiden tunnistusta ja seuranta satamissa. Pyrkimys on löytää automaattiseen tunnistukseen toimiva konsepti, joka EDI-tiedonsiirron



avulla välittää reaaliaikaista tietoa yksittäisistä kuljetusvälineistä tai konteista (LM, Setec Oy, Tampereen Viatek Oy).

- PRECISE IT pyrkii intermodaaliterminaalien toiminnan optimointiin. Käsittelylaitteiden ja varastotavaroiden automaattinen paikantaminen terminaalissa helpottaa varastonhallintaa ja resurssien oikeaa mitoittamista.
- TACTICS on uusi projekti, jossa pyritään selvittämään materiaalinkäsittelyn automaatiomahdollisuuksia intermodaalitoiminnassa.
- TERMINET projektin tarkoitus on kehittää vaihtoehtoisia käsittelyratkaisuja erilaisiin terminaalitarpeisiin. Kehittämällä uusia innovatiivisia automaatioon ja robotteihin perustuvia lastinkäsittelymenetelmiä, pyritään parempaan hinta-laatusuhteeseen kaikissa eurooppalaisissa kuljetuksissa (LM, VTT).

### 7.3 Aluksien lastinkäsittelyyn liittyvä tutkimus ja kehitys

Alukset ovat ehkä vähiten tunnettu alue merikuljetusketjussa. Aluetta on tutkittu paljon, mutta tästä huolimatta se jää usein vähälle huomiolle. Varustamon näkökulmasta laiva edustaa resurssia, johon sijoitetun pääoman tehokkaan käytön kannalta on oleellista kuljetetun lastin määrän maksimointi aikayksikköä kohden. Varustamot ovat pyrkineet kasvattamaan rahtituloja ja kohentamaan kannattavuutta investoimalla suurempiin aluksiin, mutta aluskoon kasvaessa on ensin myös ponnisteltava aluksen satama-ajan lyhentämiseksi. Tähän alueeseen varustaja voi vaikuttaa vain epäsuorasti, ellei se ota satamaoperaatioita oman toimintansa osaksi.

Laiva edustaa kuljetusketjussa yhtä lenkkiä. Lastinkäsittelyn mekanisointi on lastien yksiköinnin myötä merkittävästi muuttanut ja tehostanut laivojen lastinkäsittelyä. Seuraavissa kappaleissa on esitetty lyhyesti laivan lastinkäsittelyssä käytössä olevia tapoja ja niihin liittyviä innovaatioita. Liitteessä 1 on laivan lastinkäsittelyn automatisointia Suomessa käsitelty tarkemmin.

Lastinkäsittelyn mekanisointiin ja automatisointiin pätevät laivassa yleensä samat yleiset periaatteet ja tavoitteet kuin satamissa ja terminaaleissa. Laivaympäristö tuo mukanaan kuitenkin joukon lisätavoitteita sekä rajoituksia sataman tavarankäsittelytapoihin ja yksikkökokoon.

Valtameriliikenteessä teknologia solurakenteisen konttilaivan lastausta ja purkausta varten on jo käytössä, joten tässä yhteydessä keskitytään Suomessa tärkeisiin LoLo- ja RoRo-sovellutuksiin. Tällä hetkellä on jo olemassa useita konsepteja, jotka lyhentäisivät alusten satamassaoloaikaa ja pienentäisivät työvoiman tarvetta. Ongelmana on kuitenkin näiden kustannustehokas toteuttaminen.

Aluksilla tapahtuvan lastinkäsittelyn automatisointi pyrkimykset voidaan jakaa karkeasti kahteen osaan: lastaus-/purkaustoimintaan liittyviin, sekä lastin kiinnittämisen automatisointiin. Näiden kehittämistä ja uusien innovaatioiden käyttöönottoa vaikeuttaa moni yksityiskohta. Rajoituksia ja edellytyksiä ovat muun muassa:

- Kuljettavien tuotteiden yksilölliset vaatimukset ja ominaisuudet.

- Investointien kalleus ja pitkät takaisinmaksuajat.
- Erikoisjärjestelmien tehokas soveltuvuus erilaisille kuljetusyksiköille.
- Kuljetusketjun osapuolten sitoutumisen puute, kuten viranomaiset, muut kuljetusmuodot jne.
- Käyttökelpoisuuden kannalta tarve aikaansaada kansainvälisesti toimivia, yhdenmukaisia järjestelmiä.

Uudenlaista ajattelua edustavien menetelmien täysimittainen hyödyntäminen edellyttää frekvenssiltään korkeaa ja volyymiltaan suurta linjaliikennettä. Lastinkäsittelyn automatisointi aluksella asettaa myös omat vaatimuksensa satama-alueen suprastruktuurille: terminaalin on pystyttävä lastaamaan ja purkamaan alusta odotetulla kapasiteetilla, muuten saavutettava hyöty on olematon. Alusten lastinkäsittelyn kehittämistä onkin lähestyttävä yksinkertaisten ja joustavien ratkaisujen kautta, kuten:

- Automaattinen tai puoliautomaattinen lastin kiinitys-/irroitusjärjestelmä.
- Lastitilat suunniteltava mahdollisimman esteettömästi, yksinkertaisesti ja yhtenäisesti.
- Suurempia lastiysiköitä, kerralla käsiteltävien yksikköjen määrä suuremmaksi.
- Mahdollisuus kuljettaa useita erilaisia intermodaaliyksiköitä kuten, suuryksiköitä, ISO-kontteja, perävaunuja ja muita perinteisiä lastiysiköitä.
- Lastitiloissa tulisi voida operoida tehokkaammin esimerkiksi kahta päällekkäistä ramppia käyttäen, molemmille kansille on omansa.

EU:n keväällä 1996 käynnistämän ja rahoittaman IPSI-tutkimusprojektin tarkoituksena on tutkia sekä kehittää satamien ja alusten välistä rajapintaa osana multimodaalisia kuljetuksia. Hankkeen motiivina pidetään pyrkimystä kasvattaa vesiliikenteen kilpailukykyä osana kuljetusketjuja, uudenlaisten teknisten ratkaisujen on katsottu olevan avainasemassa. Projektin päävastuullisena toteuttajana toimii Kvaerner-konserni ja projektin johtopäätökset julkaistaan keväällä 1999.

#### 7.4 Innovaatiot aluksissa

LoLo-lastinkäsittelyssä lasti nostetaan nosturilla - joko aluksen kansinostureilla tai maissa olevilla satama- tai mobiilinostureilla - pystysuoraan alukseen tai aluksesta. Nosturi voidaan varustaa erilaisilla tartuntalaitteilla lastityypistä riippuen. Perinteisesti lastitilan on muodostanut yksi tai useampi lastiluukuilla peitetty ruuma (von Bagh, 1988). Taulukossa 1 on esitetty LoLo-käsittelyyn liittyviä innovaatioita.



## Taulukko 1 Innovaatiot LoLo-käsittelyssä

RoRo-käsittelyssä lasti kuljetetaan alukseen pyörillä joko keula-, perä-, tai sivurampin kautta.

IDEAN NIMI	VALMISTAJA / KEHITTÄJÄ	VUOSI	KÄYTTÖTARKOITUS / TOIMINTA-AJATUS	KÄYTTÖ
Aluksissa käytettävä kuormaustuomirakenne	Valmet Oy	1972	Taakka ei pääse kiertymään pystyakselinsa ympäri	Ei tietoja
Dock Express	Kone Oy		Nosturit liikkuvat laivan kyljille asennetuilla kiskoilla	Toimitettu hollantilaiseen telakkatyyppiseen alukseen
Pukkinosturisolvellus laivaan (konsepti)	KCI Konecranes / Kvaerner Masa-Yards		Nosturiratkaisu perustuu standardituotteeseen ja sisältää automaattisen paikannusjärjestelmän	Tällä hetkellä kehitysvaiheessa
BIW Feeder (konsepti) pienchkö ja nopea konttialus			Laivan ruuman levyiset siirtotyypiset nosturit ja mekanismi konttien siirtelyyn	Ei tietoja
Twinstar (konsepti)	Immo-R. ja Raimo-R. Nordström		Automaattivaraston siirtäminen laivaympäristöön (konttialuksille)	Ei tietoja
Gigaideas pukkinosturi (konsepti)			Pukkityyppinen nosturi asennettu konttilaivan solumaisen ruuman yläpuolelle	Ei tietoja
Laiva ja sen lastaus-purkausjärjestelmä (konsepti)	Jaakko Pöyry Oy	1987	Sivuporttilaiva ja laivan siirtanosturit kappaletavara-lasteille	Ei tietoja
Laiva ja sen lastaus-purkausjärjestelmä (konsepti)	Jaakko Pöyry Oy	1990	Sivuporttilaiva ja laivan siirtanosturit kappaletavara-lasteille	Ei tietoja
Menetelmä aluksen ja aluksessa olevan nosturin asemoimiseksi aluksen lastausta varten (konsepti)	MacGregor-Navire (FIN) Oy	1994	Signaalilähettimen ja vastaanottimen avulla lastin paikka voidaan asemoida	Ei tietoja
Yksikkölastilaiva (konsepti)	Pekka Rapeli	1996	Rahtilaiva pyöräajoneuvojen, konttien ja palletoidun tavaran kuljettamiseksi, jossa sivuportti ja rahtitilassa rahtinkäsittelyvälineet konseistointeen	Ei tietoja

Lastin siirto tapahtuu vaakatasossa. Käsiteltävät yksiköt ovat suuryksiköitä, lastinkäsittely on nopeaa ja järjestelmä soveltuu hyvin erilaisille lasteille. Taulukossa 2 on kooste RoRo-käsittelyn innovaatioista.

## Taulukko 2 Innovaatioita RoRo-käsittelyssä

IDEAN NIMI	VALMISTAJA / KEHITTÄJÄ	VUOSI	KÄYTTÖTARKOITUS / TOIMINTA-AJATUS	KÄYTTÖ
"Scandic"			Peräramppialus, jossa kontit ruumassa poikittain. Alemman ruuman ahtaus automaattisesti kuljettimella.	Alunperin ruotsalaisten käytössä. Suomessa käyttäjänä <i>Bore Lines</i> . Jossain muodossa käytössä myös edelleen.
Finnflow-järjestelmä			Järjestelmä käyttää suurlavoja, jotka kuljetetaan alukseen, jossa ne vaijerivetoisella siirtovau- nalla siirretään lastausuunnitelman mukaiseen paikkaan.	Käytetty Finn carriersin aluksissa. Ensimmäinen "Finn carrier" 1969.

Muita erillisiä laivan lastinkäsittelyyn liittyviä innovaatioita sekä edellä esiteltyjä LoLo- ja RoRo-käsittelyn innovaatioita ja niihin liittyviä patenteja on tarkasteltu tarkemmin liitteessä 1. Edellä mainitut innovaatiot ovat kaikki suhteellisen vanhoja, seuraavassa esitetään kaksi uudempaa järjestelmää.

#### 7.4.1 Automaattinen lastin kiinnitysjärjestelmä

RoRo-alusten lastin sidonta ja kiinnitys on perinteisesti suoritettuna paljon manuaalista työtä vaativaa ja aikaa kuluttavaa. Usein lopputulos jää yrityksistä huolimatta huonoksi, eikä se aina täytä määräyksiä turvallisesta lastin varmistamisesta. Tor Line vastaanottaa vielä tänä vuonna kolme monellakin tavalla uudenlaista RoRo-alusta, joiden ehkä kiinnostavimpana yksityiskohtana on perävaunujen kiinnitysjärjestelmä.

Perusideana on perävaunun vetonuppiin kiinnittyvä pukki joka edelleen kiinnittyy automaattisesti aluksen kanteen neljällä twistlockilla. Lopullinen varmistus tehdään perävaunun perästä kahdella ristikiinnityksellä kanteen. Manuaalinen työ vähentyy merkittävästi, mutta perävaunut on sijoitettava aluksen kannelle entistä tarkemmin opasteiden mukaan. Tarpeen vaatiessa lasti voidaan sitoa myöskin perinteisellä tavalla. Uuden kiinnitysmenetelmän katsotaan parantavan tehokkuutta merkittävästi.

#### 7.4.2 Case Stora - Wagenborg Shipping

Ruotsalainen metsäkonserni Stora on tehnyt sopimuksen hollantilaisen Wagenborg yhtiön kanssa kolmen kantavuudeltaan 14 000 tonnia olevan aluksen rahtaamisesta Göteborg - Zeebrugge väliseen liikenteeseen. Alukset otetaan käyttöön vuoden 1999 loppupuolella ja Storalla on optio neljänteen alukseen.

Stora on kehittänyt järjestelmän pohjaksi uudenlaisen suuryksikön, jonka hyötykuorma on noin 80 tonnia. Yksiköt lastataan jo tehtaalla, jolloin tuotteet eivät tarvitse erillistä varastoa satamassa. Suuryksikkö on kehitetty yhteistyössä Ruotsin rautateiden kanssa, joka hoitaa syöttöliikenteen Göteborgin satamaan, josta laivaukset Belgian jakelukeskukseen tapahtuvat keskitetysti. Oleellista onkin rautateiden ja konsernin välinen pitkälle viety kehitys- ja yhteistyö.

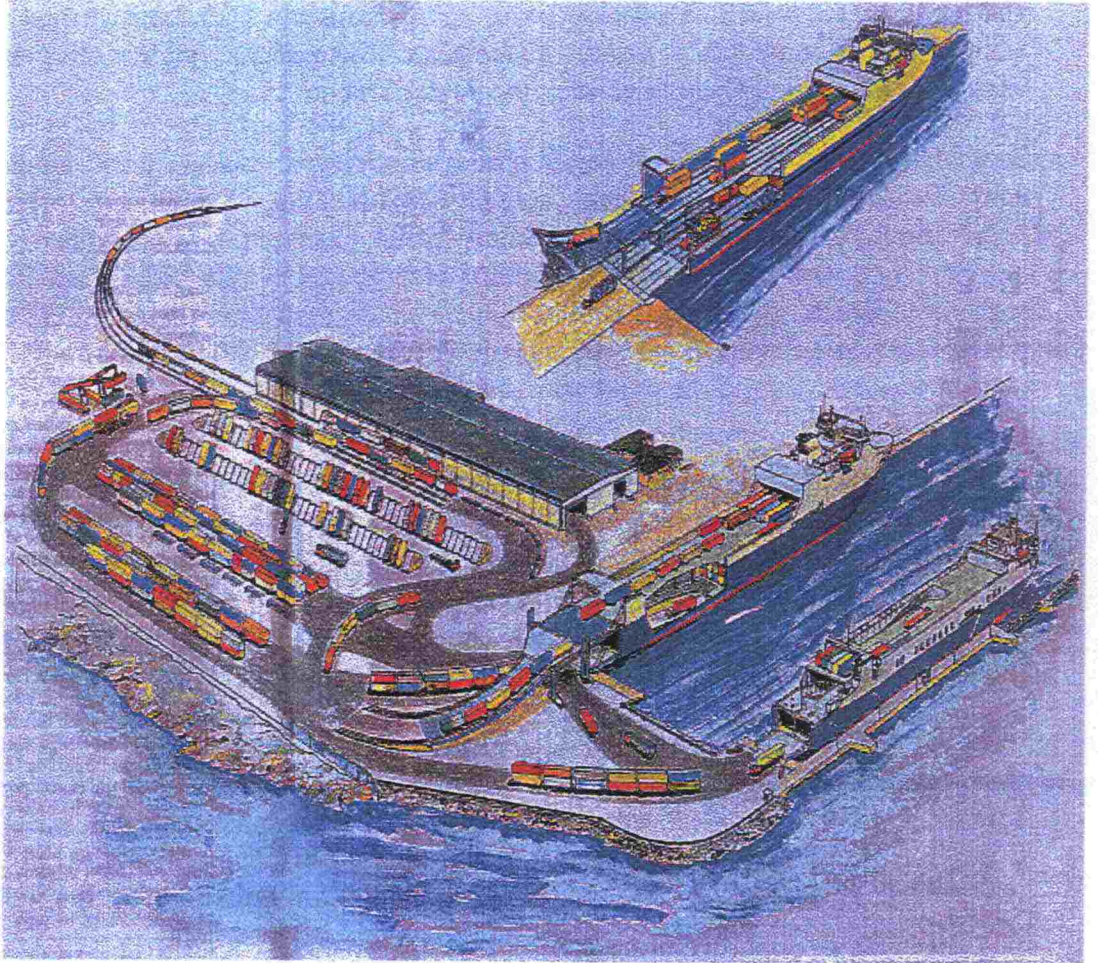
Järjestelmässä uutta on perästä lastattavat/purettavat RoRo-laivat, joiden molemmilla kansilla voidaan työskennellä samanaikaisesti käytössä olevan kaksitasojärjestelmän ansiosta. Tämä mahdollistaa myöskin tulevaisuudessa automaation lisäämisen aluksen lastioperoinnissa. Alukset voivat kuljettaa Storaboxien lisäksi myös muita intermodaaliyksiköitä sekä kappaletavaraa.

Kaikkien kolmen laivan ollessa käytössä laivataan Göteborgin sataman kautta vuosittain noin 2,5 miljoonaa tonnia Storan tuotteita. Satama investoi terminaaliin ja laiturirakenteisiin noin 20 miljoonaa dollaria. Stora rakennuttaa tarvittavat terminaalijärjestelyt Zeebruggeen itse. Stora on laskenut säästävänsä vuositasolla noin 200 miljoonaa kruunua uusien kuljetusjärjestelyjen ansiosta. Alusten paluulastina Ruotsiin on pääosin kierrätyspaperia ja selluloosaa Storan tarpeisiin. Ymmärrettävästi tämä ei kuitenkaan riitä, joten ylimääräistä lastitilaa markkinoidaan ja myydään myös ulkopuolisille.

Ongelmaksi järjestelmän laajemman hyödyntämisen kannalta saattaa muodostua Storaboxien tämän hetkinen soveltumattomuus mannertenvälisiin jatkokuljetuksiin ja koko Euroopan laajuisiin sisäisiin kuljetuksiin. Näitä kuljetuksia varten tuotteet joko yksiköidään uudestaan (kontteihin ym.) tai laivataan irtotavarana. Tällöin ei saavuteta kokonaisuuden kannalta kaikkia niitä hyötyjä, joita intermodaalikuljetukset mahdollistaisivat.



Kuva 28 Stora-konseptin terminaali-järjestelyt





## 8 UUSIEN MENETELMIEN JA RATKAISUJEN KEHITTÄMINEN

### 8.1 Yleistä

Kuljetusketjun perusrakenteet ovat edelleen samanlaiset kuin miksi ne ovat muotoutuneet jo vuosikymmeniä, jopa vuosisatoja sitten. Ketjun osatekijöistä; tiedonsiirto, käytettävä käsittelytekniikka, maa- ja merikuljetusvälineet sekä suorittavien yritysten organisaatiot ovat kehittyneet tehokkaammiksi aikojen kuluessa.

Mikä tahansa osapuoli ketjun toimintaa kehittääkin, odotusarvona on aina omalle yritykselle koitava hyöty. Se voi olla taloudellista, teknistä tai imagoon vaikuttavaa, kuten useissa eri alojen asiakaskyselyissä on todettu. Se, mitä kaikki kuljetusketjun osapuolet tarvitsevat toimintojaan varten on *oikea-aikainen ja riittävä informaatio*, jota kukin käsittelee eri tasoilla sen käyttötarkoituksen sekä tietoarvon mukaisesti. Kunkin osapuolen tarvitsema informaatio on aina osa siitä kokonaisinformaatiosta, joka tarvitaan kuljetusketjun hoitamiseksi.

### 8.2 Nykyisten kuljetusketjujen ongelmakohtia

Tuontia harjoittavat suuret keskusliikkeet ja tuoretavaroiden maahantuojaat ovat hioneet kuljetusten informaatio- ja seurantamenetelmät tärkeäksi osaksi palvelua ja markkinointia, tosin räätälöitynä jokaiselle omiin järjestelmiin soveltuviksi. Keväällä 1998 pidetyssä Satama 2000 seminaarissa tuontitavaroiden parissa toimivien yritysten sanoma kuljetusketjujen kehittämiseksi oli "yhteistyön tiivistäminen satama-, meri- ja maakuljetusoperaattoreiden kesken".

Vientituotteiden kohdalla tilanne on käytännön tasolla merkittävästi mutkikkaampi. Tiedonkulku ja usein myös sen puute kuljetusketjun osapuolien välillä aiheuttaa tunnistusongelmia, viivytyksiä toimintaan, toimitus/ajoitusvirheitä ja siten ylimääräisiä kustannuksia.

Seuraavissa kappaleissa esitetään puutteita tai sellaisia tekijöitä, joiden merkitys on jokapäiväisessä työssä suuri ja joiden poistaminen jo yksinään edistää kuljetusketjun toimivuutta ja sujuvuutta.

#### 8.2.1 Tiedonkulkuun liittyviä ongelmia

- Jokainen satamaan saapuvan tai sieltä lähtevän intermodaaliyksikön lastin tulee vastata kyseisen yksikön kuljetusasiakirjojen sisältöä. Intermodaaliyksikön identifiointi, rekisteröinti ja kunnon toteaminen perustuvat tunnistamisen ja käsittelyn eri vaiheissa joko kameravalvontaan ja/tai visuaaliseen tarkistukseen, joten tunnistinkilpien tulee olla puhtaita ja niiden sijainnin ja luettavuuden tulee olla esteetön.
- Riittämätön informaatio lastista, määrästä tai toimitusajankohdasta tuotantolaitoksen ja sataman välillä saattaa aiheuttaa turhaa, pitkäaikaistakin varastointia satamassa tai mitoitettuja suurempia tuotantopaineita. Välittömät vaikutukset näkyvät resurssien, kuten henkilöstön ja koneiden väärällä mitoituksella ja aiheuttavat ruuhkautumista jo muutenkin kiireisiin ajankohtiin.



- Eri maiden rahoituslaitosten välisen tiedonkulun hitaus ja kansallisten toimintatapojen erilaisuus "overseas" -kaupoissa vaikuttaa lastausjärjestykseen ja lastauksen ja purkauksen nopeuteen.
- Tullausasiakirjojen muuttuminen EU:n käytäntöä vastaavaksi ja ns. "overseas" -maiden erilaiset vaatimukset. Viimehetken "stuffaukset" aiheuttavat viiveitä tullausasiakirjojen kirjoittamisen johdosta.
- Pienten tavarantoimittajien erilaiset käytännöt (tietojärjestelmät/listat) tiedottaa lastista huolitsijalle, satamaoperaattorille, varustamolle.

### 8.2.2 Lastinkäsittelyn ja varastoinnin ongelmia

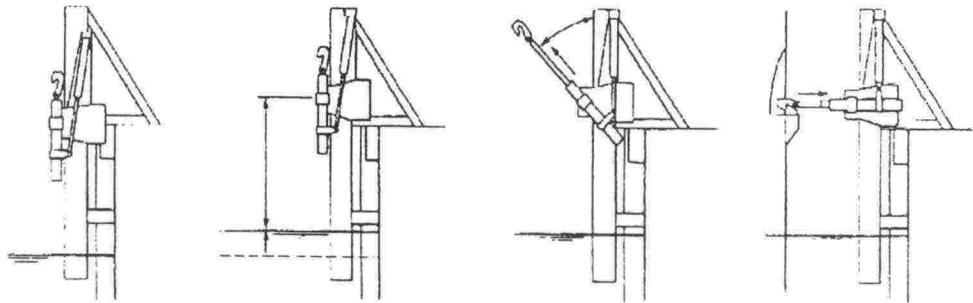
- Sataman toiminnallinen layout on tärkeä kokonaissuunnitelma satama-alueen käytöstä. Muun muassa liikennejärjestelyjen avulla minimoidaan tarpeeton liikenne satamassa ja varmistetaan laivaus- ja varastotoimintojen sujuvuus.
- Lastia tuovan / hakevan auton opastus ja selkeät sataman sisäiset opasteet ovat tarpeen oikeiden lastaus- ja purkauspaikkojen löytämiseksi.
- Usean laivauserän sijoittaminen samaan maakuljetusajoneuvoon, jolloin satamissa aiheutuu sisäisiä siirtokuljetuksia eri varastoterminaalien välillä.
- Varastonhallinnan kasvavat vaatimukset. Eräkokojen pienentyessä laivattavan tavarantoimittavuus saatavuus ahtauksen aikana on entistä tärkeämpää työn sujuvuuden kannalta. Erikoistilanteet (muun muassa puutavaran laivausmääräykset 1/3 kannelle, 2/3 ruumaan) lisäävät tarpeita luoda järjestelmä, joka mahdollistaa jokaisen lastiyksikön saatavuuden joka hetki.
- Satamassa käytettävien koneiden suuri tilankäyttö sekä varastoitavan tavarantoimittavuus ominaisuudet. Vastapainotrukkiin perustuvan varastoinnin hyötykorkeus on suoraan riippuvainen siitä määrästä, joka tarvitaan keskimäärin aluksien syöttöliikenteeseen. Korkeus lisää kuormaukseen tarvittavien koneiden määrää.

### 8.2.3 Resurssien hallinnan ongelmia

- Satamaterminaalien aukioloajat. Konttien tai muiden intermodalyksiköiden vastaanotto satamassa on monen tahon yhteistyötä. Jos sataman työaikaa lisätään, satamaoperaattori, tulli, huolinta, satamalaitos, varustamo, laivaaja joutuisivat sopeutumaan uuteen tilanteeseen. Selvitettävä asia on, tasaisiko työajan pidentäminen auto- ja junaliikenteen huippuja ja nousisiko kaluston käyttöaste merkittävästi.
- Työajan sovittaminen RoRo-liikenteen tulo- ja lähtöaikoihin. Nopean purkaustapahtuman ja lastauksen väliin jää ajanjakso, jolloin resurssien käyttö on erittäin vajaatehoista, mutta silti määrätty valmius tulee säilyttää palvelutason ylläpitämiseksi.
- Yksikön myöhäinen saapuminen satamaan merkitsee usein laivausvahvistuksen viivästymistä. Tämä puolestaan aiheuttaa muutoksia lastaussuunnitelmaan ja vaikuttaa siten tehokkuutta alentavasti.

- Kiinteä työaika ja työmarkkinapolitiikan jäykkyys.
- Aluksen laituriin ajon vaatima aika on suhteessa pitkä. Kaikkien osapuolien päämäärä on saada alus nopeasti ulos satamasta ja kun aluksen kokonaisaika satamassa on vain muutama tunti niin nopean kiinnityksen ja irrotuksen merkitys korostuu. Kuvassa 29 esitetty automaattinen kiinnitysjärjestelmä on kehitetty nopeuttamaan kiinnitys- ja irrotusprosessia.

Kuva 29 Automaattinen kiinnitys- ja irrotuskonsepti



Vaikka epäkohdista huolimatta kuljetusketjut toimivat nykyisinkin asiakkaita tyydyttävällä tavalla, jatkossa vaatimukset paremmasta palvelusta ja tavaravahinkojen minimoinnista edellyttävät automaation käyttöönottoa laajemmassa määrin myös satamissa. Kuljetusten hallintajärjestelmät, lastinkäsittelyn lisääntyvä nopeus ja tehokkuus korostavat jo pieniäkin poikkeamia normaalista tilanteesta. Nykyaikaisen tekniikan, innovatiivisen ajattelun avulla ja osapuolien välisellä yhteistyöllä voidaan poistaa tai ainakin pienentää useita kuljetusketjun ongelmakohtia ja ylimääräisiä kustannustekijöitä.

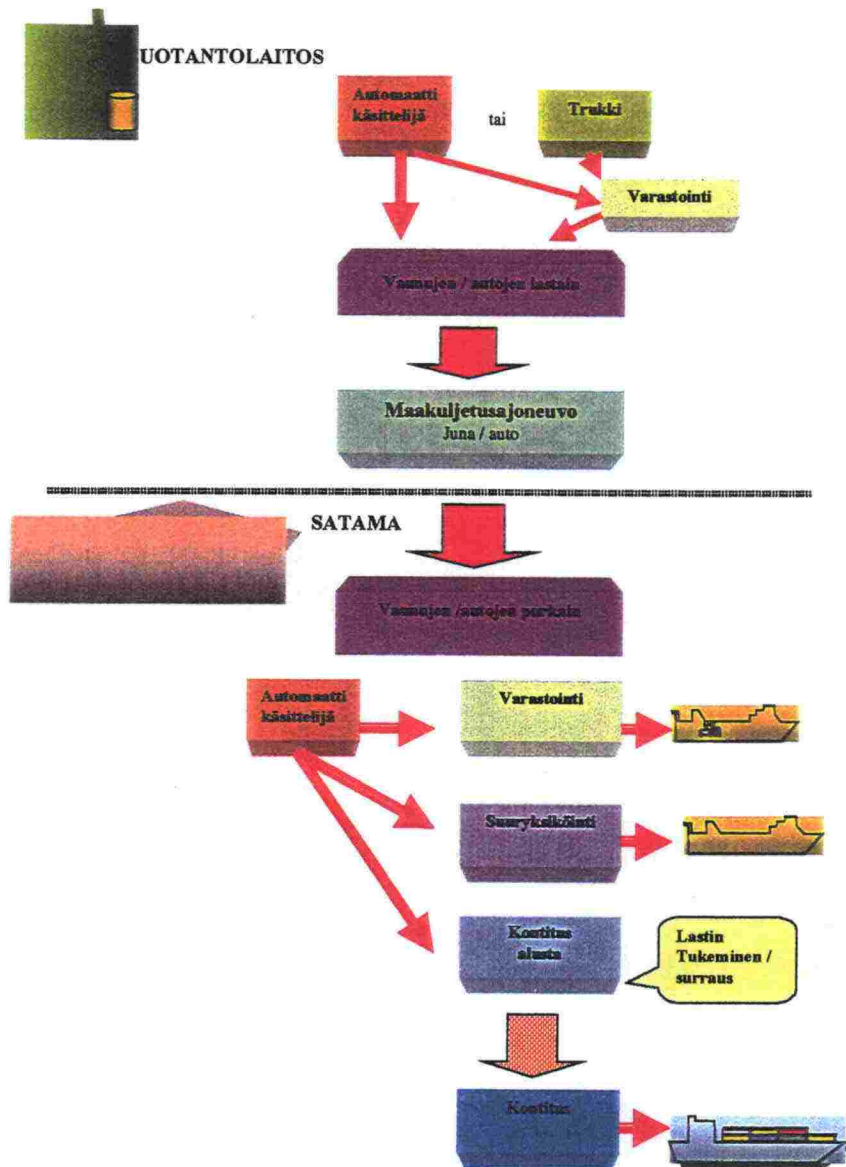
### 8.3 Lastinkäsittelyautomaatiikan kehittäminen

Seuraavissa luvuissa on esitetty eri mahdollisuuksia vähentää automaation avulla kuljetusketjuissa esiintyviä ongelmia. Muun muassa paperiteollisuudessa automaattisia lastaus- ja purkausjärjestelmiä on kehitelty jo pitkään, jatkossa vastaavan tyyppistä lastinkäsittelyautomaatiikkaa voisi hyödyntää muidenkin lastien käsittelyssä ja käsittelyjärjestelmien kehittämisessä.

Oheisessa on kuvattu tavaravirran kulkua kuljetusketjussa tuotantolaitokselta satamaan ja siitä eteenpäin. Koko kuljetusketjun hallinta vaatii yhteistyötä kuljetusketjun kaikilta osapuolilta.



Kuva 30 Tavaravirta tuotantolaitoksesta laivaukseen saakka



Edellisissä kappaleissa on yksilöity yleisimpiä pullonkauloja satamatoiminnoissa. Automaatiikan ja mekanisoinnin soveltamisella tavarankäsittelyyn satamassa voidaan poistaa tai ainakin vähentää kustannusten nousupaineita, inhimillisistä erehdyksistä johtuvia vahinkoja ja laajentaa asiakaspalvelua normaalien työvuorojen ulkopuolelle.

Metsäteollisuuden tuotteiden yhtenäistä käsittelyjärjestelmää kuvataan yleisellä tasolla seuraavassa jaksossa. Pääpiirteissään se jakautuu satamassa toiminnallisiin kokonaisuuksiin:

- vastaanottoon, purkaukseen maakuljetusajoneuvosta
- suuryksiköintiin tai varastointiin
- kontitukseen

Edellä mainitut toiminnalliset kokonaisuudet voidaan jakaa osiin. Ne voidaan myös sijoittaa muuallekin kuin satamaan. Pyrkimys tavaravaurioiden vähentämiseen edellyttää uuden tavarankäsittelyteknologian kehittämisen lisäksi myös tavarankäsittelykertojen vähentämistä. Satamassa käsitellään tuhansia ja taas tuhansia erilaisia yksiköitä päivittäin, jolloin tavaravahingon mahdollisuus loogisesti kasvaa. Mikäli yksiköinti voidaan suorittaa jo tehtaalla, tavarankäsittelystä johtuvat vauriot voidaan minimoida.

Laivauksen ajankohdan selvittyä, laivattavien tavaroiden alasajon alkaessa tai purkauksen / lastauksen ollessa käynnissä, useita ulkonaisesti samanlaisia yksiköitä käsitellään ja varastoidaan satamassa. Tällöin on ensiarvoisen tärkeää, että on olemassa varma ja nopea tapa yksikön tunnistamiseksi. Paperiteollisuudessa tuotteen tunnistamiseen tarvittavaa tarranauhaa tai tunnistinsirua voidaan jo pitää osittain valmiina ratkaisuna. Tavarankäsittelytunnistaminen on välttämätön edellytys automaation muulle kehitykselle.

Nopeat lastaus- ja purkausjärjestelmät ovat kehittyneet muun muassa juuri-oikea-aikaisten (JOT / JIT) kuljetusvaatimusten lisääntyttyä. Maakuljetusajoneuvojen lastauksessa / purkauksessa ollaan edetty kehitysvaiheeseen, jossa koko lasti työnnetään sisään / ulos yhdellä kerralla, kuten alla olevassa kuvassa on esitetty.

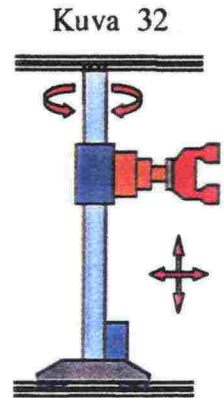
Kuva 31 Mekaaninen purkaja / lastaaja





### 8.3.1 Automaattinen käsittely-yksikkö

Kemiallisen metsäteollisuuden tuotteiden käsittelyyn käytetään vastapainotrukkia lisälaitteella varustettuna. Käsittelymenetelmää voidaan kehittää ottamalla käyttöön automaattinen käsittely-yksikkö varastointiin, suuryksiköintiin ja kontitusalueiden täyttöön. Se perustuu *olemassa olevien teknisten perusratkaisujen soveltamiseen tuotantolaitoksen tai satamavaraston toimintaperiaatteisiin*. Automaattinen käsittely-yksikkö korvaa perinteisen trukki/lisälaitte-yhdistelmän. Käsittely-yksikkö varastoi, lastaa suuryksiköitä, "bolstereita" ja konttialustoja atk-ohjelmamääritteiden mukaisesti.



Automaattinen käsittely-yksikkö sopii parhaiten varastoihin, joissa käsitellään lastia tonnimääräisesti paljon, mutta tavarän viipymä (varastointiaika) on lyhyt. Tästä seuraa, että varaston layout tulee sopeuttaa automatiikan tarpeisiin, eikä päinvastoin kuten tähän asti, kun automatiikkaa on koetettu väkisin taivuttaa olemassa oleviin varastoratkaisuihin.

### 8.3.2 Kontitus

Kontitus tapahtuu nykyisin edelleen trukilla tai muulla apuvälineellä suoraan konttiin. Vaihtoehtona on *kontitusalueen esilastaaminen* ja sen työntäminen konttiin. Kontin mitat ovat kansainvälisten standardien mukaiset kaikkialla, joten esilastaus ja jopa tavarän tuenta voidaan suorittaa automaattisesti atk-ohjelmien muistitallennusten avulla.

Kuva 33



Kuten yllä olevassa kuvassa 33 on esitetty, itse alueen työntö konttiin lasteineen, edullisia kitkapintoja hyväksikäyttäen, ei nykytekniikalla ole edes haaste, koska usein käytännössä tavara työnnetään jo nyt trukin haarukoiden kärjillä lopulliseen paikkaansa. Sen sijaan automaattisen kontituslaitteen kehittäminen on haaste. Sen käyttömahdollisuudet eivät rajoitu ainoastaan satamaan, vaan laitetta voidaan käyttää tuotantolaitoksissa, välivarastoissa eli kaikkialla, missä kontitustapahtumia on lukumääräisesti paljon.

### 8.3.3 Sahatavaran automaattinen käsittely

Laivausohjeiden selkeyttäminen ja varastointijärjestelmän muutokset helpottaisivat sahatavaran automaattisen käsittelyn kehittämistä. Laivausohjeiden selkeyttäminen ahtausystävällisemmiksi mahdollistaisi usean nipun nostot koko lastauksen / purkauksen ajan ja kansilastin osuuden vapaan määrittelyn, jolloin aikaa vievä tavaran järjesteleminen jäisi vähemmälle.

Varastointijärjestelmän muutoksilla järjestelmä voidaan saada reagoimaan välittömästi varsinaiseen ahtaustapahtumaan. Sahatavaran automatisoitu varastointi voi tulla kysymykseen varsinkin sellaisissa satamissa, missä sillä on huomattava osuus sataman koko tavaraliikenteestä. Hyvin suunniteltu ja organisoitu automaattivarasto on täysin riippumaton laivausohjeiden muutoksista. Automaattivarastosta jokainen sahatavarapaketti on löydettävissä ja noudettavissa riippumatta muiden lastattavien pakettien sijainnista.

Sahatavarapaketin muoto ja rakenne soveltuvat ilman erityisiä muutoksia automaattiseen käsittelyyn. Itse automaattinen käsittelijä voi olla perinteinen korkeavaraston kiinteä kiskoilla kulkeva nosturi, joka toimii atk-ohjauksella. Kun järjestelmä varastoi puutavaran ja syöttää sen ulos laivaustapahtuman aikana annettujen ohjeiden mukaisesti, pullonkaulakohdat pitäisi olla minimoitu. Automaattinen lastinkäsittely voi parhaimmassa tapauksessa olla käytännön työssä usein tapahtuville ennakkosuunnitelmien muutoksille lähes tulkoon tunnoton.

### 8.3.4 Kontit

Suomen yksittäisten satamien konttimäärät ovat toistaiseksi pieniä ja konttiterminalien toiminta perustuu useimmiten yksikön luovuttamiseen suoraan vastaanottajalle tai hänen edustajalleen. Ehkä juuri edellä mainitusta syystä ei kenttätoimintojen automatisointiin eikä käsittelyautomaatiikan kehittämiseen ole tunnettu suurtakaan mielenkiintoa.

Jälleenlaivauksen suurissa perussatamissa (Eurooppa, Kauko-Itä) automatiikka ja siihen liittyvät automaattiset ohjaus- ja hallintajärjestelmät on viety pisimmälle, esimerkkinä seuraavan sivun kuva 34, jossa konttiterminalin sisäisiä tietovirtoja hallitaan satelliittiliitännän avulla kannettavilla tietokoneilla, matkapuhelimilla ja kameravalvonnalla.



Kuva 34 Tietokoneohjattu varastonhallinta valtaa alaa ulkomaiden suurissa konttiterminalaaleissa



Konttienkäsittelyssä ohjausjärjestelmä on osa automaatiota, siten esimerkiksi konetta ohjaava kuljettaja, joka saa ohjeet automaattiselta ohjausjärjestelmältä, tulee ajatella osaksi automaatiota.

Suomen oloissa konttikäsittelyautomaatiikan peruselementit voisivat olla esimerkiksi tehokas sataman ulkopuolella toimiva informaatioketju, yhdistettynä sataman operatiivisia toimintoja ohjaavaan käsittelyjärjestelmään ja leveäjalkaiseen konttinosturiin / kenttänosturiin. Seuraavalla sivulla on kuva leveäjalkaisesta konttinosturista, jonka edut tulevat parhaiten esille siinä, että aluksen lasti voidaan sekä lastata että purkaa käyttäen hyväksi jalkojen välissä olevaa konttikenttää ikään kuin puskurivarastona.



Kuva 35 Leveäjalkainen konttinosturi



Automaation toteuttamisen kannalta ”leveäjalkainen” nosturi on helpompi kohde kuin normaali konttinosturi. Toimintojen ohjaus tapahtuu kuvaruudun ohjeisiin perustuen ja käskyt annetaan ulkopuolelta. Fyysisen ajamisen suorittaa edelleen nosturinkuljettaja.

Sataman rooli kuljetusketjun osana on muuttunut voimakkaasti viime vuosien aikana. Muutosprosessi jatkuu ja kehitys voi johtaa sataman roolin muuttumisesta perinteisestä varastopaikasta tehokkaaksi lastinsiirtopaikaksi eri kuljetusmuotojen välillä. Oikea-aikaiset toimitukset minimoisivat varastotarpeen lähes olemattomaksi, resurssien suunnittelu tehtäisiin ajan tasalla olevin ohjausjärjestelmin joustavasti ja liikenne olisi keskeytymätön prosessi. Tarvittavat edellytykset olisivat täydellinen informaatio osapuolien välillä ja 24-tuntinen toiminta muuallakin kuin satamissa.

#### 8.4 Ratkaisujen taloudellinen arviointi

Kuljetusketjun operatiivisten toimintojen kannattavuutta voidaan tarkastella kahdella tavalla: yhtenäisenä käsittelykokonaisuutena, osana kuljetusketjua tai yksittäisenä operatiivisena toimintana.

Kun arvioidaan kuljetusketjun osan kannattavuutta joudutaan arvioimaan kunkin osatoiminnan tärkeys ja painoarvo käsittelykokonaisuudessa. Toisinaan joudutaan kilpailutilanteessa hyväksymään tilanne, jossa kannattamattoman osatoiminnan kustannukset joudutaan kompensoimaan toisen tuotolla. Tämän tutkimuksen yhteydessä



terminaalikustannuksia on tarkasteltu ensin yksittäisinä käsittelyinä, joista on muodostettu normaalit terminaalipalvelut; *kontitus*, *suuryksiköinti* ja *varastointi* ennen laivausta.

#### 8.4.1 Kemiallisen metsäteollisuustuotteiden "terminaali"

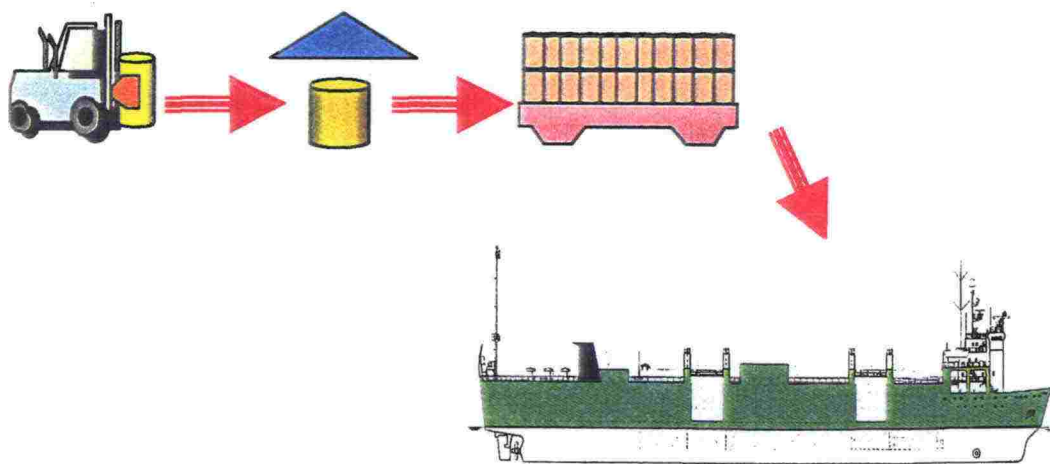
Kone ja kuljettaja muodostavat kiinteän toimintayksikön jonka investointi- ja operointikustannukset muodostavat käsittelyvaiheiden kustannusten pääosan, kuljettajan osuus kustannuksista on hieman yli 40% ja loput kohdistuvat koneeseen lisälaitteineen. *Lastin kirjaaminen*, *"taljaus"* on lisätoiminto, josta veloitetaan tonni- tai yksikköperusteisesti. Esitettävässä esimerkissä on oletettu tunnistamisen (taljauksen) tapahtuvan molemmissa vaihtoehtoissa automaattisesti.

Lastinkäsittelyyn tarvitaan kuljettajan ja trukin lisäksi rulla- ja paalupihtejä. Näiden osuus toimintayksikön kokonaiskustannuksista on hieman alle 3,5%. Jos lastinkäsittelyyn tarkoitettu lisälaitte voidaan yhdistää johonkin muuhun lastia siirtävään yksikköön ilman kuljettajaa, syntyy huomattavia kustannussäästöjä.

Kustannusvertailun havainnollistamiseksi oletetaan kaksi satamaterminaalia, joiden molempien vuosittainen kapasiteetti on noin 270.000 tonnia paperirullia, kun varastointijakso on viisi päivää. Kokonaistavaravirrasta 35% kontitetaan, 45% suuryksiköidään ja 20% laivataan storo-lastina. Kontitettavista tuotteista 50% stuffataan suoraan maakuljetusajoneuvosta ja toinen puoli kiertää varaston kautta. Suuryksiköitävästä lastista 70% lastataan suoraan alustoille, lopun 30% vaatiessa varastointia.

Oheisessa kuvassa on esitetty tavarantoimituksen vastaanotto, varastointi, yksiköinti ja laivaus.

Kuva 36



Vaadittujen käsittelytarpeiden suorittamiseen kuljettaja/trukki/pihti -periaatteella tarvitaan 3 tonnin yksiköitä 4,7 kpl ja 12 tonnin yksiköitä 1,45 kpl. Automaattiratkaisussa vastaava toimintayksiköiden lukumäärä on neljä. Vertailun toiminnot ovat: vastaanotto, varastointi, suuryksiköinti ja kontitus. Seuraavassa taulukossa 3 on verrattu kapasiteetiltaan samanlaisen automaattijärjestelmän ja perinteisen trukikäsittelyn kustannuksia.

Taulukko 3

Vuosikapasiteetti (tonnia)	275,210
----------------------------	---------

Automaatio	
Vuosikapasiteetti (tonnia)	271,469

Automaattikäsittelyjärjestelmä					
Lukumäärä kpl	4	Kappale Hinta	Korko	Käyttö aika (v)	Annuiteetti/ Vuosi
Automaattikäsittelijä	2,000,000 mk	500,000 mk	6.5%	12	245,136 mk
Tukikiskot	1,200,000 mk	300,000 mk	6.5%	12	147,082 mk
Rullarata	400,000 mk	400,000 mk	6.5%	12	49,027 mk
Ohjausjärjestelmä	400,000 mk	400,000 mk	6.5%	5	96,254 mk
Pihti	600,000 mk	150,000 mk	6.5%	12	73,541 mk
Kontitusautomaatti	750,000 mk	750,000 mk	6.5%	12	91,926 mk
Yhteensä	4,600,000 mk				702,966 mk
Huolto / varaosat / voitelu ja % pääomasta					
muut kustannukset / vuosi 9.0%					414,000 mk
Valvojan kustannukset / vuosi					188,916 mk
Kokonaiskustannukset /vuosi					1,305,882 mk
Tonnia / vuosi/yks.		67,867		tonni	4.81 mk

Perinteinen (kulj./trukki/pihti)	Kpl	Kappale Hinta	Korko	Käyttö aika (v)	Annuiteetti/ Vuosi
3 tonnin trukki	1,178,982	250,000	6.5%	6	218,504 mk
Pihti	707,389	150,000	6.5%	12	86,703 mk
12 tonnin trukki	1,015,549	700,000	6.5%	7	167,293 mk
Pihti	130,571	90,000	6.5%	12	16,004 mk
Yhteensä	3,032,490 mk				488,504 mk
Käyttökustannukset Pääomasta					
(huolto,osat, käyttö) 16.5%					500,361
Kuljettajien palkat					1,251,138
Kokonaiskustannukset / vuosi					2,240,003 mk
Tonnia /vuosi /yksikkö		44,628		tonni	8.14 mk



Edellä olevassa taulukossa on verrattu kahden kapasiteetiltaan samansuuruisen terminaalin laiteinvestointeja ja vuosittaisia käyttökustannuksia ja niiden vaikutusta tonnikustannuksen muodostumiseen. Taulukossa on huomioitu ainoastaan ne perusoletukset, joiden vaikutuksia voidaan suoraan pitää vertailukelpoisina eri vaihtoehtojen kesken.

Trukinkuljettajien palkkakustannuksessa on otettu huomioon yksi kuljettaja per kone / vuosi periaatteella. Käytännön kaksivuorotyössä yhtä konetta kohti tarvitaan kuitenkin yli kahden kuljettajan työpanos, kun huomioidaan lomat ja muut samankaltaiset tekijät.

#### 8.4.2 Tarvittavat laiteinvestoinnit

Automaattijärjestelmän laiteinvestointien on arvioitu olevan noin 4,6 milj. markkaa ja järjestelmän vuosittainen käyttökustannus, sisältäen valvojan, on noin 1,3 miljoonaa markkaa / vuosi. Tonnikustannukseksi muodostuu 4,8 markkaa per tonni.

Kuljettaja / trukki / lisälaite toiminnan periaatteella alkukustannukset jäävät pienemmiksi, noin 3 miljoonaan markkaan. Vuosittaiset käyttökustannukset ovat sitä vastoin huomattavasti korkeammat, 2,2 milj. markkaa / vuosi.

Käsittelykustannukseksi muodostuu siten 8,14 markkaa per tonni. Esimerkissä molempien käsittelyjärjestelmien on oletettu toimivan ilman ylimääräisiä siirtokustannuksia.

Automaattisten lastaus- / purkauslaitteistojen ja varastointijärjestelmien kehittämisessä on pyritty paitsi nopeuttamaan tavarankäsittelyä, myös karsimaan käyttökustannuksia. Yksinkertaisimmat ratkaisut ovat osoittautuneet usein käyttövarmimmiksi, jolloin ylläpitokustannukset ja korjauskulut jäävät pieniksi.

Automaattilaitteiston tehokkaaksi käyttöajaksi on arvioitu 12 vuotta. Trukkien käyttöikä on vastaavasti 6-7 vuotta ja jäännösarvo noin 10-15 % hankintahinnasta.

## 9 TULOKSET, YHTEENVETO JA ERI OSA-ALUEIDEN KEHITTÄMINEN

### 9.1 Yleistä

Erillisiä, yksittäisiä teknisiä kehitysratkaisuja ideoidaan ja tuotetaan koko ajan, mutta koko kuljetusketjun eri tahojen yhteinen kehittäminen on ollut vaikeampaa. Esimerkiksi suuret paperi- ja sahatavaratuotteiden toimittajat ovat ryhtyneet yhteiseen kehitystyöhön yleensä vasta silloin, kun koordinoijana ja rahoittajana on jokin ulkopuolinen taho.

Lastinkäsittelyn automatisointi- ja mekanisointitendenssejä Suomen satamissa ja suomalaisissa aluksissa on tarkasteltu koko kuljetusketjun osalta. On myös pyritty löytämään ne sataman ulkopuoliset tahot, joilla on huomattava vaikutus sataman ja koko toimitusketjun läpimenoaikaan. Sataman toiminnan tehokkuuden nostamisen ohella tärkeää on suomalaisen perusteellisuuden etujen ja tarpeiden huomioon ottaminen. Toisinsanoin tuotantolaitoksen, satamaoperaattorin ja rahdinkuljettajien toimintojen kehittämisen tärkeimpänä tavoitteena olisikin tutkia ja ottaa käyttöön taloudellisia sekä tilankäytöltään optimaalisia kuljetusyksiköitä ja -järjestelmiä, jotka kattavat koko kuljetusketjun.

Eri osapuolet suomalaisessa kuljetusketjussa ovat ansiokkaasti kehittäneet useita lastinkäsittelyn laatua parantavia sekä käsittelyä nopeuttavia apuvälineitä ja osajärjestelmiä. Näistä innovaatioista jotkut ovat yksinkertaisia mekaanisia laitteita ja toiset korkean teknologian mekatronisia tuotteita. Tähän asti vähemmälle huomiolle ovat jääneet ohjausjärjestelmät ja kuljetusketju kokonaisuutena. Jotta automatisointipyrkimyksiä olisi mahdollista viedä eteenpäin olisi selvitettävä tarpeet ja ne tavoitteet joihin tähdätään. Yksityiskohtaisemmin tämä voisi tarkoittaa osapuolten roolien tarkempaa määrittelyä ja erikoistumista nykyistä harvempien satamakohtaisten tavaralajien käsittelyyn. Osa Suomen satamista voisi siis profiloitua nykyistä selvemmin ja samalla tutkia löytyisikö satamatoiminnan kehittämiseen uusia yhteistyö kumppaneita.

Valtiovalta on toiminut useissa eri yhteyksissä kuljetuksia kehittävien tutkimusten ja toimenpiteiden aloitteentekijänä, kanavoiden käytännön toteutuksen liikenneministeriön ja TEKES: n kautta.

Kuljetuksiin liittyvistä kehityshankkeista eräänä merkittävä osana tulee olemaan vuoden 1998 loppupuolella käynnistytävä "Kuljetusketjujen toiminnan ja teknologian kehittämisohjelma (KETJU)". Oletettavasti ajankohta on nyt kypsä toteuttamaan eri tutkimusten sekä ideoitten visiot toimiviksi järjestelmiksi ja laitteiksi.

### 9.2 Lastinkäsittely ja sen kehittäminen Suomen satamissa

Suomen kaikille yleisille satamille on koko 1990-luvun ollut tyypillistä yksiköityjen lastien määrän voimakas kasvu ulkomaanliikenteessä. Trendi on maailmanlaajuinen. Sataman koosta ja resursseista riippuen sopeutuminen esimerkiksi ISO-konttien käsittelyyn on ollut vaihtelevaa: käytössä on hyvin erilaisia intermodaaliyksiköiden käsittelyjärjestelmiä.

Suomen satamia yhdistäväksi tekijäksi voidaan katsoa monipuolisuus ja tietyn asteinen erikoistumattomuus. Satamien yleisluonteesta johtuen lähes kaikki Suomen satamat pystyvät palvelemaan kaikkia kappaletavaraa kuljettavia alustyyppejä. Tämä mahdollistaa laajan asiakaskunnan, mutta samalla erikoistumisesta saatavat volyymin, tehokkuuden kasvu ja



kustannussäästöt jäävät saamatta. Seuraavassa käsitellään satamien lastinkäsittelyä, sen eri vaiheita ja kehitystrendejä.

### 9.2.1 LoLo-järjestelmät

Menetelmää käytetään sekä konventionaalisten että nykyaikaisten solurakenteisten aluksien lastioperointiin. Konventionaalisilla aluksilla viitataan tässä yhteydessä alusten lastitiloihin, jotka ovat hyvin monimuotoiset ja lastaus sekä purkaus vaatii huomattavasti manuaalista työtä. LoLo-menetelmää käytetään myös RoRo-alusten sääkannella tapahtuvaan lastinkäsittelyyn.

Suomen satamissa käytetään pääsääntöisesti nivelpuomi- ja pukkinostureita. Nivelpuominostureiden työskentelynopeus esimerkiksi intermodaaliyksikköjä käsiteltäessä on huomattavasti pienempi kuin pukkinostureilla. Eräs yleistynyt, monikäyttöinen, nosturityyppi on liikuteltavat kumipyöräiset mobiilinosturit. Suomessa LoLo-alusten satamassaoloaika on yleisesti pitempi kuin RoRo-alusten. Tämä johtuu siitä, että vain harvoin aluksen lastia päästään käsittelemään useammalla kuin yhdellä nosturilla.

### 9.2.2 RoRo-sovellukset

Tähän ryhmään kuuluvia konsepteja on käytössä useita, tunnusomaista on lastin siirtäminen alukseen/aluksesta pyörien avulla. Lasti voidaan alukseen ajon jälkeen jättää alustansa päälle tai siirtää lopulliseen sijoituspaikkaansa trukilla (storo). Aluksissa voi olla keula-, sivu-, ja/tai peräportti. Vahvuutena onkin monikäyttöisyys, sillä aluksilla voidaan kuljettaa kappaletavaraa ja intermodaaliyksiköitä. Sataman laiturirakenteille nämä alustyyppit asettavat omat vaatimuksensa.

RoRo-alusten lastitilojen käyttöaste jää usein LoLo:a huonommaksi, kasetit ja lauttavaunut vievät oman tilansa ja pienentävät hyötykuormaa. Storo-menetelmällä lastitila saadaan käyttöön paremmin mutta lastaus/purkaus on hitaampaa, samalla lastin sijoittelusta ja kiinnittämisestä tulee vaikeampaa. Tämän vuoksi määräyksiä turvallisesta lastin kiinnittämisestä ei ajan säästämisen vuoksi aina noudateta. RoRo-alukset ovat Suomen meriliikenteessä huomattavan yleisiä, esimerkiksi Helsingin satamassa käy viikottain 50 RoRo alusta, konttilaivojen vastaavan lukumäärän ollessa vain noin 20.

### 9.2.3 Terminaalitoiminnot

Tässä kappaleessa käsitellään niitä satamassa tapahtuvaan lastinkäsittelyyn liittyviä järjestelmiä, jotka tekevät satama-alueesta toimivan ja tukevat lopulta alusten lastausta ja purkausta sekä sisämaakuljetuksia. Sataman yleisen toimivuuden kannalta nämä osat ovat hyvin tärkeässä asemassa.

#### 9.2.3.1 Sisäiset kuljetukset

Satamassa tarvitaan tehokas sisäinen kuljetussysteemi, jotta terminaalin tavaravirran läpäisykyky pysyy halutulla tasolla ja vastaa niitä vaatimuksia, joita varustamot ja asiakkaat sille asettavat. Suomen satamissa nämä sisäiset siirrot on toteutettu hyvin vaihtelevalla ja moninaisella tekniikalla.



Yksiköityjen lastien lisääntyminen on mahdollistanut eräille satamille voimakkaan panostamisen muun muassa konttikäsittelyn kehittämiseen. Tästä huolimatta käytössä olevan kaluston erilaisuus ja käyttö samoihin tehtäviin vaikuttaa sataman yleiseen tehokkuuteen heikentävästi. Esimerkiksi jos konttiterminaalin toiminta perustuu lukkien käyttöön ei niiden työskentelyalueella tulisi olla hitaampia koneita tai muunlaista konttien siirtelyyn liittymätöntä toimintaa.

Olisi selvitettävä, mikä on kulloiseenkin kuljetustarpeeseen soveltuvin konsepti ja tämän jälkeen yhtenäistettävä toimintatapoja vastaavasti. Pelkästään tehokkaaseen kalustoon investoimalla ei saavuteta toivottua tulosta, mikäli uutta järjestelmää ei suunnitella osaksi kokonaisuutta.

Yksikkökäsittelyn kehittäminen on huomattavasti yksinkertaisempaa verrattuna perinteiseen kappaletavaraliikenteeseen. Kappaletavaraliikenteellä on kuitenkin aina oma merkityksensä Suomen ulkomaankaupassa. Olisikin tarpeellista tutkia edelleen myös tämän liikennemuodon palvelemiseen parhaiten soveltuvaa tekniikkaa.

#### 9.2.3.2 Porttitoiminnot

Porttitoiminnot ja kulunvalvonta hoidetaan Suomessa manuaalisesti. Esimerkiksi Helsingin satamassa käy päivittäin yli tuhat rekkaa hakemassa tai tuomassa lastia. Näin suuren tietomäärän hallinta on perinteisesti toteutettuna resursseja vaativaa ja vaikeaa. Kulunvannonnan automatisointi ja siitä saatavat hyödyt liittyvät kiinteästi sataman fyysistä tavarankäsittelyä ohjaavaan tietojärjestelmään. Tämän osa-alueen merkitys ja kiinnostus sen kehittämiseen on kasvanut viime vuosina huomattavasti. Joitakin aiheeseen liittyviä hankkeita on käynnistymisvaiheessa. Ajatuksena on automaattisesti tunnistaa kaikki alueelta poistuvat sekä sinne saapuvat yksiköt ja kulkuneuvot. Hyötyinä olisivat tiedonkulun viiveen pientyminen ja manuaalisen työn vähentyminen. Porttitoimintojen automatisointi parantaisi myös sisämaakuljetusten palvelutasoa ja sujuvuutta, siltä osin kun satama-alueella tapahtuva toiminta siihen vaikuttaa.

#### 9.2.3.3 Varastointi ja muut palvelut

Satamien tarjoamaa varastotilaa käyttävät vientilaivausten osalta pääasiassa metsäyhtiöt, tuontipuolella varastopalveluja käyttävät huomattavasti useammat tahot. Yhteistä satamavarastoinnille on, että toimintatavoissa on vielä paljon kehittämismahdollisuuksia. Tiettyjä erikoisratkaisuja on olemassa, esimerkkeinä mainittakoon nykyaikaiset rullapihdit ja paperirullien automaattiset lastaus ja purkausjärjestelmät. Useassa tapauksessa kyseessä on kuitenkin yksittäinen, erillinen sovellus, jolla ei ole yhteyttä sataman varastointiin ja tavarankäsittelyyn kokonaisuutena. Palveluja käyttävä yritys on ulkoistanut osan liiketoiminnastaan ja satamaoperaattori on kehittänyt toimintaansa tältä osin, mutta varastojen automatisoinnin kehittäminen yleisellä tasolla on jäänyt pienelle huomiolle.

Intermodaaliyksikköjen käytön eräinä suurimpina etuina voidaan pitää kuljetusketjun aikana lastiin kohdistuvien käsittelykertojen huomattavaa pienenemistä, sekä katetun varastotilatarpeen poisjäämistä. Suomen metsäteollisuuden ja muun perusteellisuuden lastien yksiköinnistä valtaosa tapahtuu tällä hetkellä vasta satamassa. Tämä tarkoittaakin, että käsittelykertojen määrä saattaa nousta kolmeen tai useampaan kertaan ennen kuin lasti viedään alukseen intermodaaliyksikössä.



### 9.2.4 Kehityskohteet

Lastinkäsittelyn mekanisointiin ja automatisointiin on olemassa useita erilaisia järjestelmiä, joten kyse onkin tekniikoiden yhdistämisestä ja soveltamisesta uuteen käyttötarkoitukseen. Lastioperoinnin kehittämistä voidaan lähestyä automatisoimalla toimintoja osittain. Tämä näyttääkin olevan Suomen tavaravirrat huomioiden paras ratkaisu, sillä pyrkiminen satamatoimintojen täydelliseen automatisointiin on hyvin kallista ja siitä saatavat hyödyt eivät toistaiseksi vastaisi investointeja. Olisikin löydettävä ne osatoiminnot, joiden automatisointi tuo lisäarvoa koko kuljetusketjulle perusteltavissa olevin kustannuksin.

#### 9.2.4.1 Alusten lastinkäsittely

Innovaatiot alusten satamassaolon kannalta tähtäävät makuuaikojen lyhentämiseen ja samalla lastioperoinnin tehostamiseen. Tämä tarkoittaa yleisesti ottaen sataman ja aluksen välisen rajapinnan toiminnan tehostamista, joka tähtää lastauksen/purkauksen nopeuttamiseen. Sataman osalta kyse on toimintojen kehittämisestä siihen suuntaan, että saman aikaisesti voidaan operoida kahdella tai useammalla nosturilla tai rampilla, jolloin lastinkäsittely nopeutuu. Alusten suunnittelu tähtää lastitilojen yksinkertaistamiseen, joka osaltaan edesauttaa päämäärän saavuttamista. Kehitteillä ja käytössä olevat puoli- ja täysautomaattiset lastin kiinnittämisyksiköt edellyttävät nykyteknologialla yhdenmukaisten intermodaalisyksiköiden käyttämistä.

#### 9.2.4.2 Satamatoiminnot

Satamien halutessa tehostaa toimintaansa ja nostaa tuottavuuttansa eräs mahdollisuus näyttää olevan erikoistuminen ja uusien toimintakonseptien kehittäminen. Tämä tarkoittaa sitä, että satama voi edelleen halutessaan palvella erityyppisiä aluksia, mutta sen on yhä enemmän profiloituttava ja varattava eri liikennemuodoille omat toiminta-alueensa.

Intermodaalisyksiköiden kasvava käyttö ulkomaankuljetuksissa antaa niihin erikoistuville satamille kestävä pohjan, jolle rakentaa ja kehittää toimintaansa. Kynnys esimerkiksi sisäisten kuljetusten automatisointiasteen nostamiselle on huomattavasti matalampi, kuin perinteistä kappaletavaraa käsittelevissä satamissa.

Sataman kannalta intermodalismiin liittyy muutamia tulevaisuudessa merkitykseltään kasvavia seikkoja. Satamien on kehitettävä yksiköiden lastaukseen ja purkaukseen liittyviä toimintojaan. Kyseeseen tulevat automaattiset purkausjärjestelmät varastoon ja vastaavasti lastausjärjestelmät varastosta kuormatilaan. Sisämaakuljetukset asettavat omat vaatimuksensa paitsi sataman tavarankäsittelylle niin myös sitä ohjaavalle tietojärjestelmälle. Mitä vähemmän aikaa alueelle saapuvan yksikön tunnistamiseen käytetään, sitä nopeammin tiedetään mitä kyseiselle yksikölle/lastille tulee tehdä. Tämän lisäksi myös toiminnan suunniteltavuus ja ennakoitavuus paranevat.

### 9.3 Kehitysnäkymiä

Uusien- ja käytössä olevien kuljetusketjujen kehittämisen perusedellytys on sopia kaikkien osapuolten käyttämästä yhteensoveltuvasta ohjaus- ja hallintajärjestelmästä, jonka avaimena tulee olla helposti käytettävä tunnistustekniikka.



Lähitulevaisuuden kuljetusketjujen yhteisiin kehitysratkaisuihin tulevat vaikuttamaan viimeaikaiset paperintuottajien kansainväliset yhdistymiset, joiden tulokset ketjujen kehittäelyssä nähdään vasta vuosien kuluttua.

Päämääränä kuljetusketjujen kehittäelyssä on ollut aikaansaada yleisjärjestelmä, joka kattaa koko Suomen metsä- ja muun teollisuuden tarpeet. Tässä yhteydessä voidaankin vakavasti pohtia myös mahdollisuutta, voidaanko mahdollisesti luoda toimivampia ratkaisuja silloin, kun keskitytään automatisoimaan ja mekanisoimaan pienempiä yhtenäisiä osakokonaisuuksia ja selkeitä tavaravirtoja suurten kokonaisuuksien sijaan.

Vientiteollisuuden kuljetusketju tarvitsee kotimaan tasolla toimivan informaatioyhteyden laivaajan, maakuljetusten suorittajan, huolitsijan, operaattorin ja varustamon välillä. Yhteys on ja se toimiikin, mutta silti se ei anna riittävää varmuutta kuljetusputkessa olevan tuotteen ja siihen liittyvän tiedon seuraamiseksi. Automaation kannalta nopean yhteisen informaatioyhteyden kehittäminen on oleellista. Suomella on huippuosaamista tiedonsiirron tekniikasta käytännön sovellutuksiin saakka. Suomalaiset ovat myös mukana kehittämässä maailmanlaajuisia logistiikan työvälineitä kuten TEDIM (Telematics in Foreign Trade Logistics and Delivery Management) ja TraDex (Traffic Data Exchange) projekteja.

### 9.3.1 Konttikäsittelyn kehitysnäkymiä

Nykyisin myöskin satamissa pyritään mahdollisimman suureen tuottavuuteen. Parhaiten tuottavuuden tarkastelun moninaisuus tulee ilmi konttikuljetuksissa ja varsinkin konttien varastoinnissa. Maa-alueiden hintakehitys pakottaa pinoamaan kontteja yhä korkeammalle ja se saattaa tarkoittaa kuljetusketjun kokonaiskannattavuuden alenemista, johtuen pidemmistä kontin käsittelyajoista. Konttien paikantaminen ja niiden saaminen pinosta asettaa kasvavat vaatimukset konttien varastointi- ja seurantajärjestelmien kehittämiseksi sekä kontin käsittelykaluston teknisille ratkaisuille.

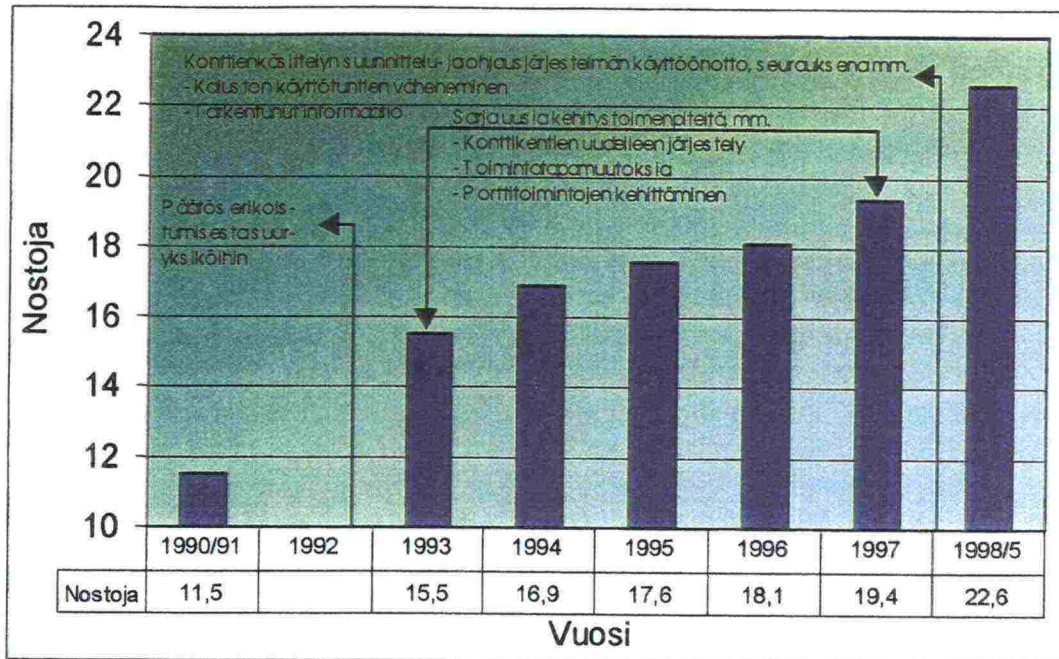
Suomessa konttikäsittelyn kokonaisjärjestelmän automatisointi nykyisillä liikennevirroilla ei ole kannattavaa yksittäisissä terminaaleissa, tulisikin tutkia kuinka paljon järjestelmien osia voidaan automatisoida kannattavasti, sillä konttikäsittelyn ohjausjärjestelmien kehittäminen on välttämätöntä. Samassa yhteydessä olisi huomioitava palveluiden mahdollinen käyttäminen työajan ulkopuolella automatiikkaa hyväksikäyttäen.

Liikenneministeriön toimesta tehdyssä tutkimuksessa ”*Satamien tavaravirrat, toimintakapasiteetti ja kehitystarpeet 28/98*” on todettu, että työaikajärjestelyt sekä palvelutekijät ovat tärkeitä osia kehitystarpeista. Automatiikka, jonka kuljettaja käynnistää, voi mahdollistaa myös yöllä tapahtuvan auton purkauksen tai lastauksen ilman henkilökuntaa ja jopa menemättä itse alueelle, jolloin turvallisuusnäkökohdat tulevat huomioiduiksi. Järjestelmä edellyttää tullaus- ja muiden muodollisuuksien esiselvittämistä normaalin työajan puitteissa.

Konttikäsittelyn automatisoinnin kehittämisen yhteydessä olisi tarpeen tutkia tyhjen konttien ohjausjärjestelmien kehittämistä siten, että koko maan kattava järjestelmä palvelisi myös sellaisia yrityksiä, joilla vienti / tuonti on vähäistä. Osoituksena konkreettisen kehitystyön tuloksista seuraavassa esitetään esimerkki erään satamaoperaattorin toiminnan tehostumisesta erikoistumisen ja osittaisen automatisoinnin tuloksena. Kehitystä kuvataan kuvien 37 ja 38 avulla.

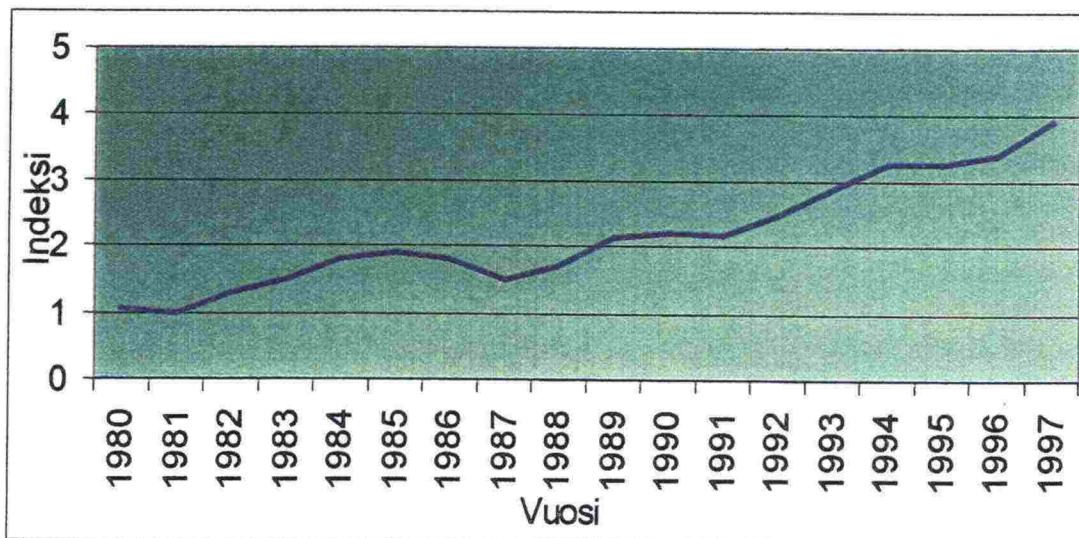


Kuva 37 Satamaoperaattorin konttiterminaalien nostojen lukumäärän kehittyminen / nosturitunti / keskiarvo / vuosi



Kuvassa 37 esitetään kehitystoimenpiteiden vaikutus nostojen lukumäärään. Toimenpiteet on esitetty tekstinä kuvassa. Kuvassa 38 esitetään tehtyjen kehitystoimenpiteiden vaikutus operaattorin liikevaihdon kasvuun työntekijää kohden.

Kuva 38 Operaattorin liikevaihdon kasvu työntekijää kohden



### 9.3.2 Kemiallisen metsäteollisuuden kehitysnäkymiä

Seuraava kustannusvertailu osoittaa kemiallisen metsäteollisuuden tuotteiden käsittelykustannusten jäävän alhaisemmiksi käyttämällä automaattikäsittelijää. Esimerkkiä on käsitelty tarkemmin kohdassa 8.4.1. Taulukossa 4 on tarkasteltu laiteinvestointeja ja vuosittaisia käyttökustannuksia muutettuina nykyarvoon. Laskelma osoittaa sen, että automaattijärjestelmän kustannussäästö on noin 6 milj. markkaa.

Taulukko 4

Nykyarvovertilu		
	Trukkiperusteinen Käsittelyjärjestelmä	Automaattinen Käsittelyjärjestelmä
Käyttömenot mk/vuosi	2 240 003	1 305 882
Käyttömenot nykyarvo mk (12 vuotta ja 6.5% korko)	18 275 572	10 654 334
Investointi käsittelykalustoon mk	3 032 490	4 600 000
Investoinnin kokonaiskustannus mk (nykyarvo)	21 308 062	15 254 334
<i>Investoinnin kustannussäästö mk (nykyarvo)</i>		<i>6 053 728</i>

Toimintakonseptia on tarkasteltu sekä teknisen toteutuksen että taloudellisen hyödyn kannalta ja molemmat tukevat sitä näkemystä, että toimintaidea voidaan jalostaa toimivaksi tuotteeksi.

Edellisten hyötyjen lisäksi tulee huomioida työturvallisuutta parantavat seikat (melu, tärinä, epämiellyttävä ajoasento jne.) sekä ympäristöhaittoja pienentävät vaikutukset (pakokaasut, rengaskulutus, öljyvuodot jne.).

Metsäteollisuuden rakennemuutos jatkuu edelleen ja toiminta keskittyy yhä harvalukuisempiin ja suurempiin yrityksiin. Muutosta toteutetaan ensimmäisessä vaiheessa yhtiöiden fuusioina. Suomeen on näin muodostunut kolme suurta yhtymää; UPM-Kymmene, Stora-Enso ja Metsä-Serla.

Seuraavassa vaiheessa kiinnitetään huomio logististen järjestelmien intensiiviseen jatkokehittämiseen. Tästä osoituksena on esimerkiksi UPM-Kymmene yhtiön solmima useampivuotinen kuljetussopimus Splithof-varustamon kanssa, alukset tulevat Amerikan liikenteeseen. Stora-yhtiö oli aloittanut oman operatiivisen logistiikkansa terävöittämisen jo ennen fuusiopäätöstä. Storan uusi järjestelmä, jota on käsitelty tarkemmin kohdassa 7.4.2, menee huomattavasti pidemmälle kuin UPM-Kymmenen.

Metsäteollisuudesta tulee entistä globaalimpi toimiala yritysten toiminnan laajetessa perinteisiltä markkina-alueilta uusiin maanosiiin. Lastinkäsittelyn automatisoinnin kannalta toimintojen keskittyminen asettaa uusia vaatimuksia, mutta samalla se luo myös mahdollisuuksia järjestelmien kehittämiseksi.



Toiminnan muuttuessa entistä markkinaohjautuvammaksi myös tietojärjestelmien merkitys muuttuu. Tarvitaan yhtenäiset, luotettavasti toimivat tieto- ja hallintajärjestelmät kaikille osapuolille. Tämä liittyy osaltaan yhtiöiden pyrkimykseen kehittää logistiikkaketjuaan tuotteidensa toimitusvarmuuden ja -laadun osalta tehokkaammaksi.

Lisääntynyt ympäristötietoisuus vaikuttaa metsäteollisuuden kehittymiseen. Metsäteollisuudessa yleistyy kaikki toimitusketjun osapuolet kattava, globaalia toimintaa tukeva ja yhtenäinen toimintamalli. Asiakastarpeet ja kysyntä suuntaavat teollisuuden päätöksiä.

### 9.3.3 Sahatavarakäsittelyn kehitysnäkymiä

Automaattinen korkeavarastointi voisi olla ratkaisu satamissa tilaa vievän sahatavaran varastointiin. Satamaoperaattoreiden ja tavarantoimittajien yhteistyöllä voidaan kehittää uusia innovaatioita nykyisen tietotaidon ja tekniikan pohjalta.

Sahatavaran varastointi tulee todennäköisesti kuitenkin pysymään satamissa, sillä puun markkinahinnan aiheuttamat vaihtelut sahatavaran menekissä voidaan puskuroida lähes yksinomaan satamiin, johtuen sahojen rajoitetuista varastointimahdollisuuksista ja pitkistä kuljetusmatkoista. Sahatavaran laatutekijät ja ostajien mieltymykset vaikuttavat siihen, ettei sahatavaralaivauksissa päästä helposti JOT / JIT -periaatteella toimiviin toimituksiin.

Pyrkimystä toimitusten ennakoitavuuteen edesauttaa lisääntyvä sahatavaran yksiköinti. Trendin mukaan tulevaisuudessa yhä enemmän sahatavarasta kontitettaneen, tämä mahdollistaa kuljetukset säännöllisessä linjaliikenteessä. Edelleen kansilastaukset tulevat mahdollisiksi nykyistä useammin ja kuljetusketjun laatu parantuu.

Sahatavaran automaattitunnistus on tarpeellinen kehittämisalue, jotta mahdollisuudet saada täsmällistä ja ajanmukaista tietoa muun muassa varastotilanteesta ja lastaustapahtumasta helpottuvat. Lastaussuunnittelu ja laivausasiakirjojen laadinta voivat nopeutua kehittyneiden tavarantunnistusmenetelmien seurauksena.

## 9.4 Johtopäätökset

### 9.4.1 Automaation käyttöönoton perusedellytykset

Tulevaisuudessa satamille asetetaan uusia vaatimuksia, joista tärkeimmät ovat:

1. Sataman on jakelun kannalta sijaittava "oikeassa paikassa". Enää ei yksin riitä, että satama on tehokas. Tämä koskee erityisesti konteissa kulkevaa tavaraa.
2. Purkauksen / lastauksen on oltava nopeaa. Tähän päästään vain:
  - Kehittämällä nykyistä työaikajärjestelyä ja
  - Lisäämällä automatiikkaa ja mekaniikkaa

Tuotteiden toimitusajat tehtaalta asiakkaalle ovat selvästi nopeutuneet. Nopeus- ja laatuvaatimukset kuljetusketjua kohtaan kasvavat edelleen ja ne asettavat yhä uusia vaatimuksia kuljetusketjun hallinnalle ja sen yksittäisille osaratkaisuille.

3. Siirtyminen laivakuljetuksissa aikataulutettuun liikenteeseen, jonka tarkkuustaso on tunnin luokkaa
4. Tiedonsiirron ja yleisesti ohjausjärjestelmien kehittäminen

Sataman ja sen terminaalien tehokkaan toiminnan avain on oikea-aikaisen tiedon saanti ja käsittely. Mitä kehittyneempi on itse tavarankäsittelyjärjestelmä, sitä kehittyneempi täytyy käytettävän ohjausjärjestelmän olla.

#### 9.4.2 Automaation käyttöönoton nykytila

Ilman lastinkäsittelyautomaatiikkaa ja uusia konsepteja eivät satamat selviä tulevaisuuden haasteista. Toiminnan kehittäminen ja automatisointi onkin jo menossa monella taholla suurten volyymien satamissa.

Rotterdamin ECT-konttiterminaalissa on jo muutaman vuoden ajan ollut automatiikka käytössä konttien siirrossa konttikentälle, pinonnassa varastopaikalla sekä noutavan ajoneuvon kuormauksessa.

Singaporessa tutkitaan ja kehitetään parhaillaan Ship-to-Shore nosturin automatisointia ja Noell kehittää toisaalla automaattista luttia. Kun nämä osat ketjusta otetaan käyttöön, on käytettävissä automaattinen kontinkäsittelyketju sataman sisällä laivasta portille asti.

Tämän lisäksi Hollannissa tutkitaan automaattisen maakuljetuksen mahdollisuutta ns. RoadRail-projektin puitteissa. Toteutuessaan kehittyneimmässä muodossaan järjestelmän ajoneuvot kulkisivat muun maantieliikenteen joukossa täysin automatiikan varassa.

Suomessa seurataan tilannetta ja valmiudet osittaiseen lastinkäsittelyn automatisointiin ovat olemassa. Uusien järjestelmien suunnittelu ja käyttöönotto saattavat nopeutua Liikenneministeriön ja TEKES:in intermodaalikuljetuksia käsittelevän 3-vuotisen Ketju-ohjelman myötä.

#### 9.4.3 Automaatiikan soveltaminen aluksissa

Aluksissa automatiikkaa on jo pidemmän aikaa sovellettu käyttöön ja ohjailuun liittyvissä tehtävissä. Pitkäaikainen telakkahintojen suhteellinen edullisuus on johtanut yhä suurempien alusten rakentamiseen. Esimerkiksi tällä hetkellä rakennetaan jo 6000 TEU:n konttilaivoja ja 7000 – 8000 TEU:n aluksia on suunnitteilla. Näin suuret alukset asettavat aivan uusia vaatimuksia esimerkiksi käsittelyjärjestelmille ja satamarakenteille.

Vaikka suuret mannertenvälisessä liikenteessä olevat konttialukset eivät Suomen satamiin tulekaan, tehokkuden lisäämistavoitteet aiheuttavat sen, että meilläkin on otettava huomioon automatiikan kokonaiskuljetusketjulle asettamat vaatimukset ja sovellettava automatiikkaa siellä missä se voidaan järkevästi tehdä.

Suurin osa Suomen meriliikenteestä on ns. Short Sea Shipping'iä. Valtameriliikenteen muutokset heijastuvat suoraan siihen. Viime vuosina on tässäkin ryhmässä aluskoko kasvanut samanaikaisesti kun laivojen nopeudet ovat nousseet. Kasvaneista kertalastimääristä huolimatta satamaoperaattorien on saatava alukset ulos samassa ajassa kuin aikaisemminkin. Tämä koskee erityisesti konttifeedereitä ja RoRo-aluksia. Automaatio tekeekin tuloaan myös



RoRo-järjestelmään: äskettäin julkaistu ns. Stora-konsepti mahdollistaa automaattisten vetovaunujen laivaanajon ja osittaisen automaattisurrauksen.

Laivojen satamassaoloajat ovat lyhentyneet tai pysyneet samana, vaikka aluskoko on kasvanut. Alusten lastit saapuvat kuitenkin satamaan yhä myöhemmin ts. lähempänä lastausvaihetta ja siksi tavaranopeen tunnistettavuuden tarpeellisuus ja varastonhallinnan helppous korostuvat tulevaisuudessa.

Suomessa laivojen lastinkäsittelyautomaatiikkaa on tutkittu monipuolisesti ja innovatiivisesti muun muassa Masa Yards:n teknologiaosastolla. Tällä hetkellä onkin jo olemassa valmiudet rakentaa laivoihin lastinkäsittelyautomaatiikkaa milloin tahansa niin tarvittaessa.

#### 9.4.4 Automaatiikan käyttöönoton tarve ja mahdollisuudet

Lisääntyvä konttien käyttö, kasvava kustannustietoisuus, työvoimakysymysten ongelmat sekä alustyyppien muutokset lisäävät koko ajan paineita terminaalitoimintojen kehittämiseksi automaatiikkaa hyväksikäyttäen.

On täysin mahdollista, että ajaututaan tilanteeseen, jossa konventionaalinen terminaalitoimintakonsepti ei enää sovellukaan esimerkiksi intermodaalikuljetusten yhteyteen. Nykyisellä konseptilla jatkettaessa satamien tilantarve kasvaa koko ajan. Jotta kasvua voidaan hillitä, on kehitettävä yhä korkeammalle pinoavia koneita, muutettava työskentelyä joustavammaksi tai lyhennettävä varastointiaikoja ja vähennettävä tavaranopeen muuta käsittelyä satamissa. Toimintojen automatisointi on tähän eräs vastaus.

Nykyistä suurempia ja tehokkaampia koneita voidaan teknisesti rakentaa milloin vain. Toteuttaminen on kuitenkin kyseenalaista korkeiden investointikustannusten ja eräiden käytännön operatiivisten tekijöiden vuoksi. Kuljetusketjun kehittämisessä huomio tulisi kiinnittää ketjun osien ja toimintatapojen uudelleenjärjestelyyn, esimerkiksi seuraavin toimenpitein:

- Intermodaaliyksiköt kuormataan sataman sijasta jo tuotantolaitoksilla ja/tai:
- Siellä missä yksiköiden muodostaminen ei tuotantolaitoksella tilanpuutteen tai työaikajärjestelyjen vuoksi käy, voidaan perustaa sisämaaterminaleja, jotka hoitavat yksiköiden sisällön käsittelyn sekä edelleen toimittamisen ja ohjauksen.
- Satamissa otetaan käyttöön niin paljon käsittelyautomaatiikkaa kuin mahdollista.

Terminaalioperaattori voisi yhdessä laivaajien ja rahdinkuljettajien kanssa etsiä ratkaisuja näihin kysymyksiin. Mikäli vain yksi osapuoli suorittaa kehittämistä, kehittyvät vain jotkut ketjun osat, ei koko järjestelmä. Vaikka kehitettäisiinkin vain osia järjestelmästä, tulee kehitystyöhön osallistua kaikkien kuljetusketjun osapuolten, jotta liittymäkohdat kehitettävään osaan toimitaisivat.

Koko kuljetusketjun automatisointi tai kaiken muuttaminen manuaalisista toiminnoista automaatiikaksi kerralla on epätodennäköistä ja vaikeasti hallittavissa. Voitaissiinkin ajatella, että jatketaan eteenpäin valitulla linjalla eli automatisoidaan niitä osia, joilla on suuri vaikutus

ketjun kokonaisuuteen ja toimintaan. Tällaisia osia ovat muun muassa maakuljetusajoneuvojen purkaus (ja lastaus) ja RoRo -alustojen surraus sekä konttien stuffaus. Näiden osien automatisointi merkitsisi satamien yövuorojen parempaa hyödyntämistä. Automaatio helpottaisi osaltaan työvoimapulaa, koska yövuoroissa ei tarvitsisi niin paljon henkilökuntaa kuin nykyisin. Toimintaa seuraavat valvojat riittäisivät automaattisten toimintojen ylläpitoon.

Automaation käyttöönotto satamissa aiheuttaa monia muutoksia toimintaan. Automatisointi vaikuttaa esimerkiksi varastojen layout:iin ja kokoon. Varaston pituus/leveyssuhde muuttuu, koko pienenee ja varastojen sisäinen liikenne vähenee. Muutos merkitsee mm. työturvallisuuden paranemista. Varastojen pieneneminen merkitsee samalla sitä, että on mahdollista rajoittaa satama-alueen kasvua ja saada layout tehokkaammaksi.

Monet ennusteet kertovat, että Euroopan maantiet ruuhkautuvat edelleen lähitulevaisuudessa. Tämän johdosta Euroopan komissio on suositellut toteutettavaksi toimenpiteitä, jotka johtaisivat tavaravirtojen siirtymiseen suuremmassa määrin maanteiltä vesi- ja rautatiekuljetuksiin. Jotta laivaajia voidaan houkuttaa maantiekuljetuksista esimerkiksi yhdistettyihin kuljetuksiin, tulee tulevaisuuden intermodaaliterminaalien olla niin pieni kuin mahdollista ja yhtä kustannustehokas kuin muut käytettävissä olevat vaihtoehdot, eli maaliikenneterminaalit ja keskusvarastot. Satamaterminaalien tulee olla myös järjestetty siten, että välikäsittelyä ja siirtoja alueella ei tarvita.

Tarvitaan erikoistuvia terminaaleja ja satamia, jotta kaikki varustamoiden ja sataman muiden asiakkaiden vaatimukset kyetään täyttämään. Automaatiikan käyttöönotto nähdään eräänä keinona vastata kasvaviin vaatimuksiin. Automaatio tehostaa tavarankäsittelyä ja mahdollistaa suhteessa suurempien tavaravirtojen läpimenon nykyisiltä alueilta. Taloudellisuuden huomioon ottaminen vaatii, että automaatti- tai osin automatisoitujen terminaalien tavaravirtoja lisätään.

Suoritetun tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että Suomen satamissa ja suomalaisissa aluksissa lastinkäsittelyn automatisointi ottaa ensiaskeleitaan. Osittain tämä voidaan selittää pienillä tavaravirroilla. Yhtään automaattista kokonaisjärjestelmää ei ole käytössä, joitakin yksittäisiä kokeiluasteella olevia laitteita on toiminnassa eräissä satamissa. Konttien ja muiden suuryksiköiden käsittelyyn liittyvät toiminnot ovat potentiaalisin automatisoinnin kohde tulevaisuudessa. Jo nyt on olemassa paljon valmiita koneita, laitteita ja tekniikoita sekä järjestelmiä, joita voitaisiin soveltaa ja ottaa käyttöön sellaisenaan satamissa ja satamavarastoissa. Osaa niistä voidaan soveltaa myös kuljetusketjun muissa osissa.



**LIITE:**

**LAIVAN LASTINKÄSITTELYN AUTOMATISOINTI SUOMESSA**

## SISÄLLYSLUETTELO

<b>KUVALUETTELO</b>	<b>2</b>
<b>1. JOHDANTO</b>	<b>3</b>
1.1 Alkusanat	3
1.2 Työn toteutus ja materiaalin keruu	3
<b>2. LAIVAN LASTINKÄSITTELYN AUTOMATISOINTIKEHITYS</b>	<b>4</b>
2.1 Työn mekanisointi ja automatisointi	4
2.2 Suunnittelussa huomioitavia seikkoja	5
2.3 Käsiteltävän lastin ominaisuuksien merkitys	6
2.3.1 Yksikkölastit	6
2.3.2 Paperirullat	7
2.3.3 Puutavaralastit, sellu	8
<b>3. INNOVAATIOT ALUKSISSA</b>	<b>8</b>
3.1 LoLo-käsittely	8
3.2 RoRo-käsittely	16
3.3 Proomujärjestelmät	18
3.3.1 Proomut	18
3.3.2 Puskuproomujärjestelmät	19
3.3.3 Proomuemälaivajärjestelmät	20
3.4 Erilliset innovaatiot	23
3.4.1 Kasetti- ja lastiyksikköjärjestelmät	23
3.4.2 Hissijärjestelmät	27
3.4.3 Muut laitteet	29
<b>4. YHTEENVETO</b>	<b>30</b>



## KUVALUETTELO

KUVA 1	SATAMATYÖN MUUTOS 1950-LUVUN JÄLKEEN (LÄHDE OJALA, 1991)	4
KUVA 2	ALUKSISSA KÄYTETTÄVÄ KUORMAUSPUOMIRAKENNE	9
KUVA 3	AUTOMAATTINEN LASTINKÄSITTELYLAITTEISTO LAIVASSA	10
KUVA 4	TWINSTAR-KONSEPTI	11
KUVA 5	PUKKINOSTURISOVELLUS KONTTILAIVAAN	12
KUVA 6	LAIVA JA SEN LASTAUS- JA PURKAUSJÄRJESTELMÄ	13
KUVA 7	LAIVA JA SEN LASTAUS- JA PURKAMISJÄRJESTELMÄ	14
KUVA 8	MENETELMÄ ALUKSEN JA ALUKSESSA OLEVAN NOSTURIN ASEMOIMISEKSI ALUKSEN LASTAUSTA VARTEN	15
KUVA 9	YKSIKKÖLASTILAIVA	16
KUVA 10	SIVUSIIRTOVAUNU KUVATTUNA KAAVIONA JOSTAIN LAIVAN RAHTITILASTA	18
KUVA 11	PUSKUPROOMUJÄRJESTELMÄ	20
KUVA 12	NOSTOLAITE	21
KUVA 13	FLOATER-ALUS	22
KUVA 14	EUROBARGE-PROOMUEMÄALUS	23
KUVA 15	AHTAUS- JA SIIRTOLAITTEEN AUTOMAATTIOHJAUSJÄRJESTELMÄ JA KASETTI	25
KUVA 16	LASTIYKSIKKÖ	25
KUVA 17	LASTINKÄSITTELYMENETELMÄ	26
KUVA 18	LAIVAN SIVULASTAUSJÄRJESTELMÄ	27
KUVA 19	LAIVASSA KÄYTETTÄVÄ NOSTOLAVA	28

## 1. JOHDANTO

### 1.1 Alkusanat

Varustamon näkökulmasta laiva edustaa resurssia, johon sijoitetun pääoman tehokkaan käytön kannalta on oleellista kuljetetun lastin määrän maksimointi aikayksikössä. käytettävissä olevilla investoinneilla. Varustamot ovat pyrkineet kasvattamaan rahtituloja ja kohentamaan kannattavuutta investoimalla suurempiin aluksiin, mutta aluskoon kasvaessa on ensin mainitun ehdon täyttämiseksi ponnisteltava muunmuassa kalliin aluksen satama-ajan lyhentämiseksi. Erilaiset analyysit ja selvitykset osoittavat että laivan nopeuden kasvattamisen ohella investoinnit lastinkäsittelytekniikkaan satama-ajan lyhentämiseksi sisältävät edelleen suuren potentiaalin parantaa varustamon tuloksentekokykyä.

Laiva edustaa kuljetusketjussa yhtä lenkkiä. Miten kuljetusketjun muiden osien, kuljetettavien lastien ja asiakastarpeiden muutokset vaikuttavat laivaan? Miten laiva sen osana muuttuu ja kehittyy? Lastinkäsittelyn mekanisointi on jo lastien yksiköinnin myötä merkittävästi muuttanut ja tehostanut laivojen lastinkäsittelyä. Ei liene odotettavissa, että yleinen mekanisointi ja automatisointikehitys jättäisi väliin laivan lastinkäsittelyn tulevaisuudessakaan. Eräs keskeinen kysymys tässä yhteydessä on, tulevatko laivojen lastinkäsittelyn mekanisointi ja automatisointi sijoittumaan satamaan, laivaan vaiko molempiin?

Tässä selvityksessä pyritään valottamaan mille tasolle ja millaisin innovaatioin laivaan sijoitetun lastinkäsittelyn mekanisoinnissa ja automatisoinnissa on suomalaisin voimin päästy.

### 1.2 Työn toteutus ja materiaalin keruu

Selvitystä varten on käyty puhelinkeskusteluja ja tehty haastatteluja alusten lastinkäsittelyn mekanisoinnin ja automatisoinnin aihepiiristä kotimaisten varustamojen, telakoiden, konsulttien ja lastinkäsittelylaitevalmistajien keskuudessa. Merkittävä osa selvityksestä perustuu näin tavoitettujen henkilöiden toimittamaan materiaaliin. Aihepiiristä on myös tehty kirjallisuushakuja ja kerätty yhteen aiheeseen liittyviä patentteja.

Tehtävän rajauksen vuoksi on keskitytty suomalaisin tai ainakin osittain suomalaisin voimin tehtyihin tai hyödynnettyihin innovaatioihin. Joitakin ulkomaisia innovaatioita on esitelty silloin kun ne jotenkin liittyvät suomalaisiin ratkaisuihin.

Tällä hetkellä laivojen lastinkäsittelyyn liittyen on Suomessa tai suomalaisin voimin meneillään projekteja, joista ei luottamuksellisuutensa vuoksi ole ollut saatavilla tietoja.

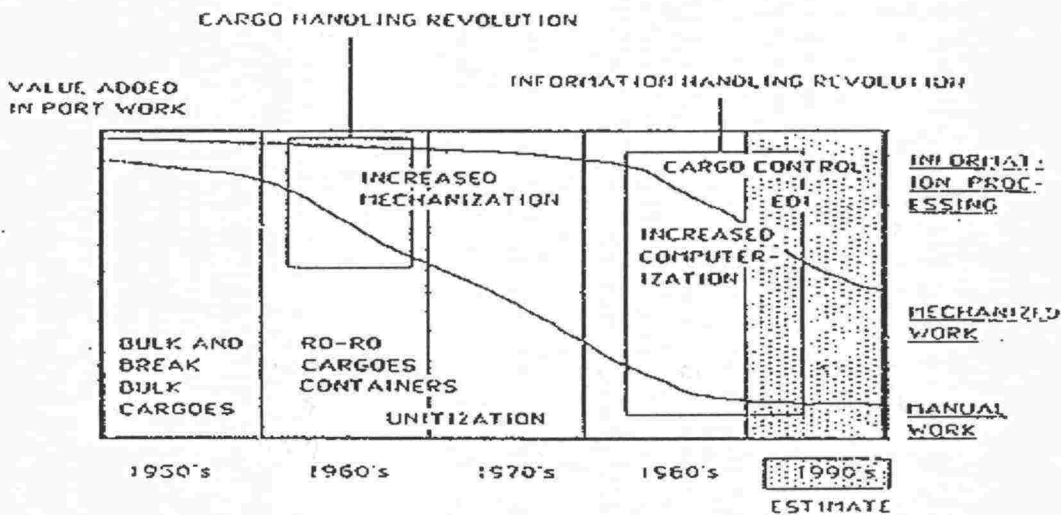


## 2. Laivan lastinkäsittelyn automatisointikehitys

### 2.1 Työn mekanisointi ja automatisointi

Satamatyössä on havaittavissa kolme erilaista elementtiä. Manuaalinen työ, mekanisoitu työ ja työ joka on tietointensiivistä ja johon liittyy tiedon automaattista prosessointia. Nämä erityyppiset työt kulkevat rinnakkain. Tällä hetkellä monien periaatteessa yksinkertaisten ja toistuvien toimintojen mekanisointikin on usein vain osittaista ja niihin sisältyy paljon manuaalista työtä. Esimerkkinä tästä käy lastiyskoiden tunnistus, joissa usein vielä tarvitaan ihmissilmää ja tietojen manuaalista syöttöä järjestelmään. Kehittyneissä länsimaissa työvoiman kustannuksilla on usein suuri merkitys ja lisäksi ihmisten tekemän mekaanisen ja yksitoikkoisen työn osuutta pyritään pienentämään.

Kokonaisten toimintojen tai yksittäisten työvaiheiden siirtymisen seuraavaan elementtiin määrittävät teknisen kehityksen ohella muutoksen taloudelliset ja poliittiset toteutumismahdollisuudet.



Kuva 1 Satamatyön muutos 1950-luvun jälkeen (Lähde Ojala, 1991)

Satamatyössä tapahtuneen tyyppinen kehitys on hyvin luonnollisesti havaittavissa alusten lastinkäsittelyn kehityksessä ja laajemmin yhteiskunnassa, missä tuotantotoiminnan mekanisointi tai automatisointi on yleinen trendi teollisuuden ja kaupan alalla sekä palvelusektorilla. Kuljetusalalla intermodalismiajattelun kehittyminen on myös osa tätä yleistä operaatioiden teollistamisen ja massatuotantoon siirtymisen kehitystä. Käytännössä tämä tarkoittaa myös lastinkäsittelyssä siirtymistä työvoimavaltaisuudesta pääomavaltaiseen ja tietotekniikkaintensiiviseen suuntaan.

Lastinkäsittelyn mekanisointiin ja automatisointiin pätevät laivassa samat yleiset periaatteet kuin satamissa ja terminaaleissa. Laiva tuo mukanaan kuitenkin lisää koko joukon motiiveja ja rajoitteita.

Syitä automatisoida laivan lastinkäsittelyä:

- Vähentää tai poistaa riippuvuus sataman työvoimasta (mm. lakkojen merkitys)
- Vähentää laivan satamassaolon aiheuttamia työvoiman ja kalustotarpeen piikkejä ja mahdollistaa terminaalin kolmivuorotyö
- Nopeuttaa lastinkäsittelyä
- Nostaa työn tuottavuutta (turhien työvaiheiden poistaminen mekanisoinnilla ja yksiköinnillä)
- Poistaa ihmiset vaarallisista työvaiheista tai paikoista, kuten laivan ruuma

Laivatyön toistuvat, samantyyppiset työvaiheet mekanisoidaan ja mikäli mielekästä automatisoidaan. Laivan lastinkäsittelyssä menetelmästä riippuen tällaisia työvaiheita on suhteellisen vähän. Ennenkuin automatisoinnissa voidaan edetä on lastinkäsittelyn prosesseja kyettävä vakioimaan. Kehityksen seurauksena ihmisten määrä lastinkäsittelyn tehtävissä kokonaisuutena vähenee, mutta koneellistumisen ja mekanisoinnin edetessä ihmisiä siirtyy jossain määrin koneiden käyttötehtävistä niiden huolto- ja ylläpitotehtäviin.

## 2.2 Suunnittelussa huomioitavia seikkoja

Laivan suunnittelussa huomioitavia teknisiä seikkoja:

- Ratkaisun merkitys laivan painon kannalta
- Teknisen osaamisen riittävyys
- Tuotantotekniset seikat
  - rakentamisfasiliteetit
  - hinta
  - toteutusaikataulu
- Ratkaisun monimutkaisuus
  - huoltojen ja korjausten tarve
  - ratkaisun luotettavuus
- Aluksen päämittasuhteet ja muoto
  - merikelpoisuus
  - turvallisuus (esim. RoRo:n lastitila on riski)
- Lastitila
  - lastitilan hyödynnettävyys
  - lastin kiinnitettävyyys
  - sää- ja merenkäyntirajoitteet, kallistumat lastinkäsittelyn kannalta



- Mahdolliset tekniset riskit uudessa tekniikassa

Taloudellisia ja poliittisia seikkoja:

- Ratkaisun hinta
- Operointikustannukset
- Ihmistyövoiman hinta vs. investointi- ja operointikustannukset
- Olemassaolevat fyysiset rakenteet - satamalaitteet/niiden puute
- Soveltuvuus tarkoitettuun liikenteeseen - sataman koko, kapasiteetin tasapaino
- Uuteen ratkaisuun liittyvät huomioimatta jääneet operointiin liittyvät riskit
- Olemassaolevat organisatoriset ja poliittiset rakenteet/niiden puute
- Ammattiliittojen asenne
- Eri syistä johtuva epätäydellinen kilpailu
- Äskettäisen laman henkiset vaikutukset

## 2.3 Käsiteltävän lastin ominaisuuksien merkitys

Laivan lastinkäsittelyn mekanisoinnissa samoin kuin terminaalien puolella lastin ominaisuuksilla on suuri merkitys. Seuraavassa asiaa tarkastellaan laivan lastinkäsittelyn kannalta.

Lastin fyysiset mitat, paino ja tiheys määrittelevät laivan lastitilojen tarpeen, muodon ja niiden hyödynnettävyyden sekä aluksen painoherkkyyden ja mm. painolastijärjestelmien tarpeen. Lastin vaurioitumisherkkyys määrittelee tavat joilla taakkaan voidaan tarttua, mahdollisen sääsuojauksen tarpeen käsittelyn aikana ja mittojen ohella lastin kiinnitykseen käytettävissä olevat keinot. Lastin ominaisuuksista riippuu myös keskeinen ongelma, kuinka voidaan tunnistaa lasti yksiköt automaattisesti käsittelyn aikana. Tunnistamisen ja automatisoinnin kannalta on merkityksellistä kuinka monimuotoista lasti on. Siksi lasti tulisi pyrkiä yksiköimään ja vakioimaan.

### 2.3.1 Yksikkölastit

Suuryksiköt tarjoavat irtolastia paremmat edellytykset lastinkäsittelyn mekanisointiin ja automatisointiin. Kehitys vie kohti lastien yksiköintiä, koska lastinkäsittelykertoja voidaan vähentää ja lastin vahingoittumisriskiä pienentää. Yksikkökoon tulisi olla minimissään esimerkiksi 10 tonnia. Lasti tulisi mielellään yksiköidä jo ennen satamaa.

Yksi tärkeimmistä innovaatioista irt- ja kappaleavaralastien kohdalla on ollut standardikontin kehittäminen, jossa mm. nostopisteet on standardoitu. Kontit ovat

pinottavissa, jolloin tilankäyttö on tehokasta. Lastien käsittely on helpottunut ja nopeutunut ja muuttunut vähemmän työvoimavaltaiseksi. Tämä keksintö on mahdollistanut kustannustehokkuuden sekä työn ja pääoman tuottavuuden kasvun. Yksiköinti hyödyntää koneiden käyttöä, mutta toisaalta pakottaa laajempaan konekaluston käyttöön. Valitettavasti kontti ei sovellu kaikille lasteille.

RoRo-käsittelyssä käytettävillä suuryksiköillä trailereilla, lauttavaunuilla ja muilla hinattavilla yksiköillä saavutetaan suuri lastinkäsittelyn nopeus, mutta tehoton pinta-alankäyttö aluksessa, koska ne eivät ole pinottavissa. Niiden käsittelyn automatisointi on myös kontteja hankalampaa. Kasetit ominaisuuksineen esitellään jäljempänä omana kohtanaan.

Standardiyksiköt eivät sovellu kaikille lasteille joko fyysisten rajoitteiden tai määrällisten rajoitteiden - esim. pienet toimituseräkoot - vuoksi. Tämä koskee mm. konttia. Tämä aiheuttaa alhaisen yksikön täyttöasteen. Standardiyksiköt eivät myöskään välttämättä sovi kaikille kulkuneuvoille. Tämän vuoksi on olemassa tietty tilaus uusille, paremmin erilaisiin intermodaalikuljetuksiin ja erilaisille lasteille soveltuville yksiköille.

### 2.3.2 Paperirullat

Automaattiset tarttijat sopivat vain kapealle sektorille paperirullia, minkä vuoksi rullille joudutaan asettamaan paino- ja halkaisijarajoituksia.

Automatisointikehitykselle vastakkainen trendi on paperiteollisuuden pienemmät eräkoot. Tämä vähentää yksiköintimahdollisuuksia ja toisaalta erilaistuva lasti vaatii erilaista kalustoa (mm. pihtejä)lastin käsittelyyn.

Rullat ovat helposti mekaanisesti helposti vahingoittuvia ja säälle alttiita. Hydraulinen head clamp puristaa lähinnä rullan päätä ja mikäli puristus on liian voimakas, rulla vahingoittuu. Tämän tyyppiset pihdit ovat kuitenkin valtaamassa alaa, sillä eivät aseta niin suuria vaatimuksia pakkausmateriaaleille. Tyhjiöimuun perustuvien laitteiden käyttö on vähenemässä. Päätytarttujan käyttö onnistuu, mutta asettaa pakkausmateriaalille ja hylsille vaatimuksia. Sivutarttuja aiheuttaa rullaan helposti muodonmuutosvaurioita ja onkin poistumassa käytöstä. Mainituista syistä laivakäsittelyssä rullat yleensä yksiköidään ja käsitellään esim. lauttavaunuilla RoRo-menetelmällä tai palleilla LoLo-menetelmässä.

Toinen ongelma on kuljetettavan tuotevalikoiman monipuolisuus. Tämä johtuu lähinnä kahdesta seikasta; suomalaisen paperiteollisuuden paperivalikoima on monipuolinen esimerkiksi Ruotsiin verrattuna ja Suomessa kuljetusratkaisut eivät ole yrityskohtaisia toisin kuin Ruotsissa. Vaikkakin terminaalissa käsiteltävät volyymit saattavatkin olla suuria, on myös tarvittava käsittelylaitteiden kirjo laaja.

Keskeinen ongelma on rullan tunnistus. Viivakoodeja hyödynnetään tunnistuskäytössä, mutta ruskeaa pakkauspapereä vasten viivat eivät erotu kovin hyvin, minkä vuoksi vaativat riittävän valaistuksen. Lisäksi ongelmana on tunnistaa monta yksikköä samanaikaisesti esim. lavalta. Hahmontunnistuksessa osin samat ongelmat, mutta tunnistus rullien numeroiden perusteella.



Radiotekniikkaan ja magneettinauhaan perustuva tunnistuksen ongelmana on hinta, mutta se mahdollistaa useiden rullien tunnistuksen samanaikaisesti ja on tunnoton valaistusolosuhteille.

### **2.3.3 Puutavaralastit, sellu**

Puutavaralastien ja sellun kuljettamiseen tarkoitetuissa aluksissa ei yleensä ole minkäänlaisia omia nosto- tai siirtolaitteita, vaan pelkästään suorasivuinen/-sivuisia ruumia. Nämä lastit eivät ole arkoja vahingoittumaan. Näitä käsitellään yleensä niputettuina tai paaleina palleilla (sellu) ja nostetaan LoLo-käsittelyssä kuormauselimeen kiinnitetyillä slingoilla. Käsittelyn automatisointi ei ole erityisen helppoa. Sellu saattaisi sopia myös mm. kontitettavaksi.

## **3. INNOVAATIOT ALUKSISSA**

### **3.1 LoLo-käsittely**

LoLo-lastinkäsittelyssä lasti nostetaan perinteisesti nosturilla - joko aluksen kansinostureilla tai maissa olevilla satama- tai mobiilinnostureilla - pystysuoraan alukseen tai aluksesta. Nosturi voidaan varustaa erilaisilla tartuntalaitteilla lastityypistä riippuen. Perinteisesti lastitilan on muodostanut yksi tai useampi lastiluukuilla peitetty ruuma. (von Bagh, 1988)

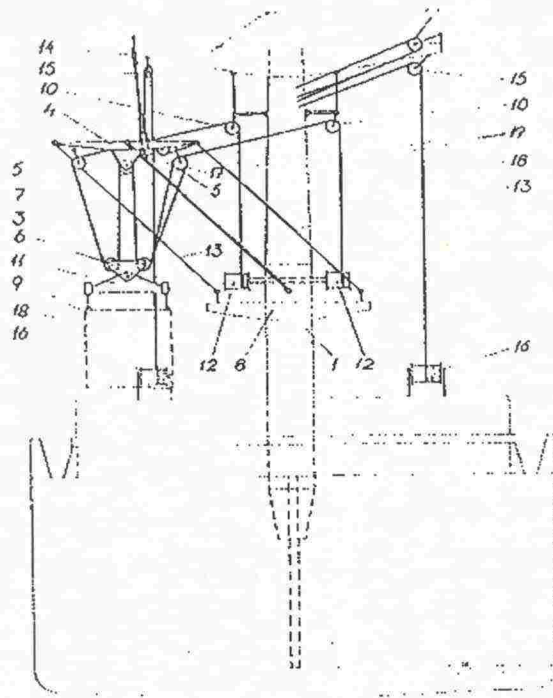
Lastinkäsittelyn mekanisointi konventionaalisessa aluksessa toteutetaan tavallisimmin alukseen sijoitettavilla nostureilla. Nosturit ovat aikaisemmin yleensä olleet puomityyppisiä, laivan kannelle sijoitettuja, miehitettyjä nostureita. Tällä nosturityypillä taakalla on taipumus pyöriä, mutta sallii yleensä suuremman kansilastikorkeuden. Toinen mahdollisuus on ollut käyttää pukkityyppisiä kannelle sijoitettuja, laitoihin tukeutuvia nostureita. Näiden etu on taakan hyvä hallinta. Automaattivarastoissa käytettyjä siltatyyppisiä nostureita on toistaiseksi hyödynnetty varsin vähän ja ainoastaan ulkomaisissa sovelluksissa.

Toistaiseksi merkittävin LoLo-käsittelyn kehitysaskel otettiin 60-luvun loppupuolella lastin yksiköinnin edetessä. Konttilaivoissa lastinkäsittely tapahtuu periaatteessa samalla tavalla kuin perinteisissä irtolastialuksissa, mutta yksiköity lasti kiinnitetään ruumaan ja toisiinsa konttikaroilla ja tarvittaessa erillisillä surringeilla kuitenkin edelleen manuaalisesti. Lastitilana irt- ja kappaletavaralasteja kuljettavissa aluksissa on yleensä yksi tai useampia pystysuoraseinäisiä ruumia, joihin lasti lasketaan, pinotaan ja kiinnitetään paikoilleen manuaalisesti. Konttilaivojen lastiruumassa on kuitenkin usein lastinkäsittelyä ja kiinnitystä helpottava solumainen rakenne. Tällöin kontti paitsi että lastattaessa ohjautuu paikalleen ohjauskiskojen avulla, myös kiinnittyy paikoilleen kuljetusta varten ilman manuaalista kiinnitystyötä. Lastinkäsittelyn automatisoinnin kannalta kyseinen rakenne on edullinen.

Seuraavassa esitellään LoLo-käsittelyn mekanisointiin ja automatisointiin kehiteltyjä toteutuneita ratkaisuja ja konsepteja.

### Aluksissa käytettävä kuormauspuomirakenne

Kyseisestä keksinnöstä on myönnetty patentti Valmet Oy:lle vuonna 1972 (42280). Keksinnön kohteena on aluksissa käytettävä kuormauspuomirakenne, joka toimii suunnikasmekanismin tapaan siten, että siirrettävä taakka ei pääse ilmakuljetuksen aikana kiertymään pystyakselinsa ympäri vaan pysyy vakiokulmassa aluksen keskiviivan suhteen. Ei ole tiedossa onko kyseistä kuormauspuomia rakennettu.



**Kuva 2 Aluksissa käytettävä kuormauspuomirakenne**

### Dock Express

Suomalainen Kone Oy toimitti pukkityyppisiä nostureita puoliuppoavaan hollantilaiseen telakkatyyppiseen alukseen. Alustyyppissä on kaksi nosturia, jotka liikkuvat aluksen pituussuunnassa laivan kyljille yhtenäisen lastiruuman yläpuolelle asennetuilla kiskoilla. Aluksessa peräpäässä on laiturin yläpuolelle ulottuva jatke jonka päähän kiskotus ylettyy. Kiskotuksen päähän ajetut nosturit hoitavat tältä jatkeelta aluksen lastinkäsittelyn. Alus on tarkoitettu lähinnä suurten kappaleiden projektikuljetuksiin. Tämäntyyppisissä tehtävissä lastinkäsittelyn automatisointi ei liene mielekäästä. (Wijnolst et al., 1993)

Hyvin samantyyppistä periaatetta sovelletaan mm. jäljempänä esiteltävässä suomalaisten ideoimassa Twinstar-konttilaivakonseptissa sekä ruotsalaisen Ahlmarkin kasettien käsittelyyn tarkoitettussa CASH-aluksessa, joissa nosturit on sijoitettu laivan kannen alle.



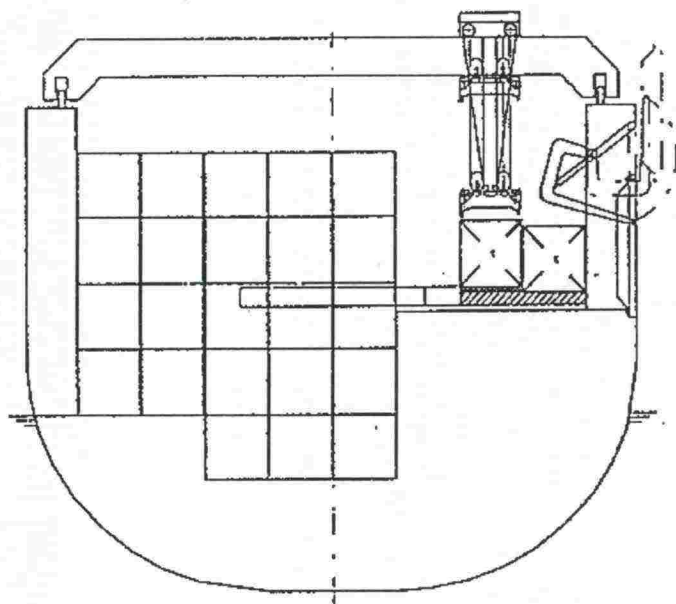
Dock Express-alustyyppistä saadut kokemukset ovat toisaalta johtaneet myös mm. avointen, lastiluukuttomien konttialusten kehittymiseen.

### **Pukkinosturisovellus laivaan (Konsepti)**

Kone Oy:n perillinen KCI Konecranes on tällä hetkellä mukana laivaan asennettavan pukkinosturisovelluksen kehittämisessä Kvaerner Masa-Yardsin projektivaiheessa olevassa alussuunnitelmassa. Nosturiratkaisu perustuu standardituotteeseen ja sisältää mm. automaattisen paikannusjärjestelmän. Tarkemmat tiedot ovat luottamuksellisia.

### **BIW Feeder (Konsepti)**

Tämä aluskonsepti on short sea -liikenteeseen tarkoitettu pienehkö ja nopea konttilaiva, joka on varustettu automaattisilla lastinkäsittelylaitteilla - laivan ruuman levyiset siltatyypiset nosturit ja mekanismi konttien siirtämiseksi aluksen kyljestä laiturille.



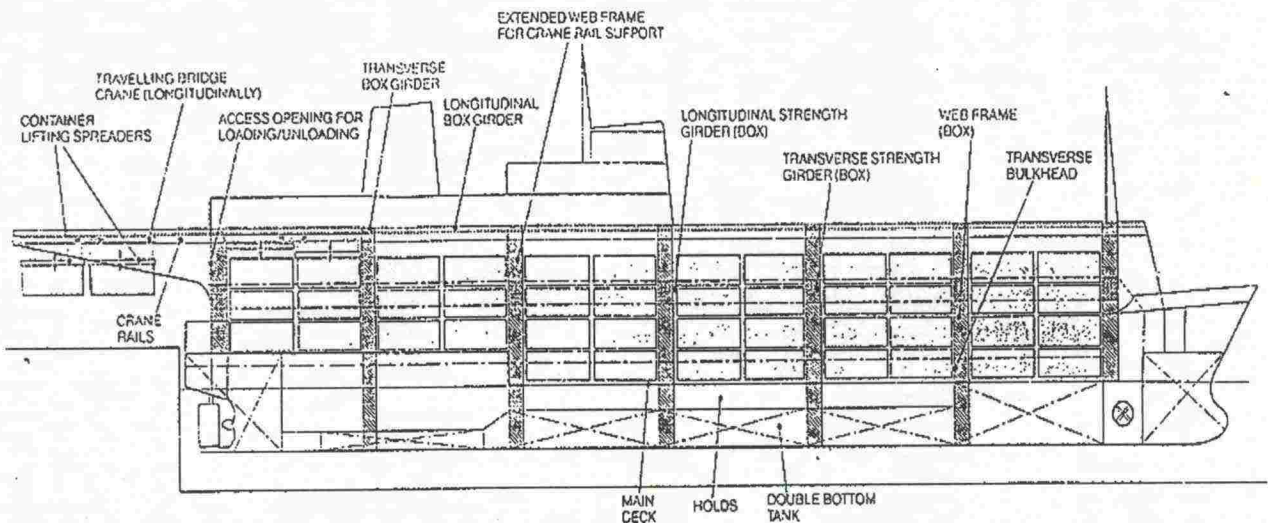
**Kuva 3      Automaattinen lastinkäsittelylaitteisto laivassa**

### Twinstar (Konsepti)

Tässä alustyyppissä on pohjimmiltaan kysymys automaattivaraston siirtämisestä laivaympäristöön. Konttien sijoittelu ja lastinkäsittely aluksen ruumassa voidaan käyttää automaattisia nostureita joiden ohjaus on helposti tietokoneistettavissa.

Laivan koosta riippuen kahdesta neljään siltanosturia liikkuvat rinnan laivan pituussuunnassa ja käsittelevät ISO-kontteja. Nosturit liikkuvat sivusuunnassa kahden konttirivin leveydellä. Laivan lastaus ja purku tapahtuvat sen peräpäästä, jossa nostureiden kiskotusta on jatkettu ulottumaan laiturin yläpuolelle. Laivan ruumissa on patentoidut kontinohjaimet 20-jalkaisten konttien kiinnittämiseksi T-palkkikiskoon, 40-jalkaisia kontteja varten tehtyyn soluun. Tämän vuoksi laivan ruumassa ei tarvita manuaalista lastinkiinnitystyötä. Kontinohjaimet on toisaalta asennettava/poistettava manuaalisesti terminaalin puolella.

Aluskonsepti on suomalaisten veljesten Immo-R. ja Raimo-R. Nordströmin ideoima ja sen keskeisimmät innovaatiot on esitelty kansainvälisessä lehdistössä jo kymmenen vuotta sitten. Konseptia on tämän jälkeen kehitelty edelleen ja se on nyt saavuttamassa kaupallistamisvaiheen.



**Kuva 4 Twinstar-konsepti**

Edut:

- Riippumattomuus laiturinosturikalustosta mahdollistaa infrastruktuuriltaan heikosti kehittyneidenkin satamien hyödyntämisen ja samalla eliminoi yhden kustannuserän nostomaksujen puuttuessa
- Tarvittaessa myös laiturinostureita voidaan hyödyntää, kunhan kansiluukut nostetaan sivuun



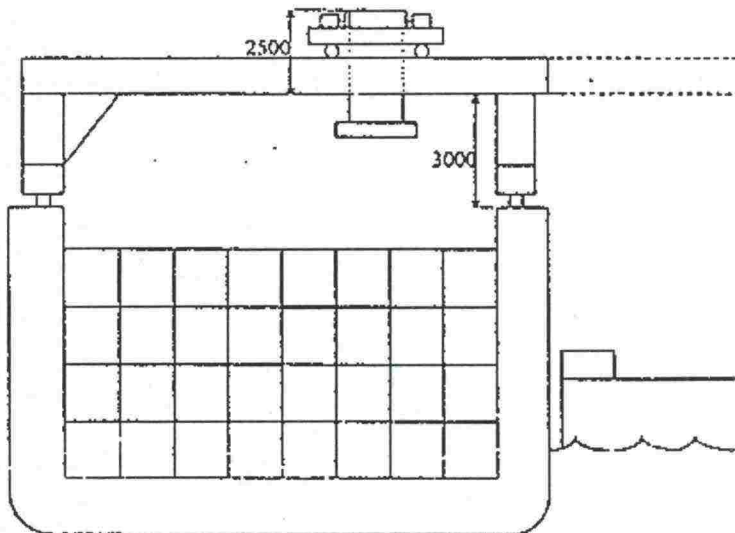
- Lastin käsittely merellä ts. lastin järjestely tulevaa mahdollisimman tehokasta satamakäsittelyä silmälläpitäen on ainakin teoriassa mahdollista
- Usean nosturin samanaikaisen käytön ansiosta on mahdollista saavuttaa suuri purku-/lastausteho. Korostuu erityisesti pienissä aluksissa.
- Vähäisempi työvoimantarve.

**Heikkoudet:**

- Edellyttää laituripuolen käsittelyltä suurta tehoa aluksen peräpäässä hyvin pienen alueen läpi.
- Todennäköisesti hieman perinteistä alusta korkeampi hinta.
- Tarvitaan varajärjestelmä automaattinostureiden rikkoutumisen varalle tai mahdollisuus keskinäiseen korvaavuuteen.
- Poikkeavien konttikokojen sijoittaminen aluksen ruumaan on ratkaistava
- Manuaalista työtä 20-jalkaisten konttien koukkujen asentamisessa ja poistamisessa

**Gigaideas pukkinnosturi (Konsepti)**

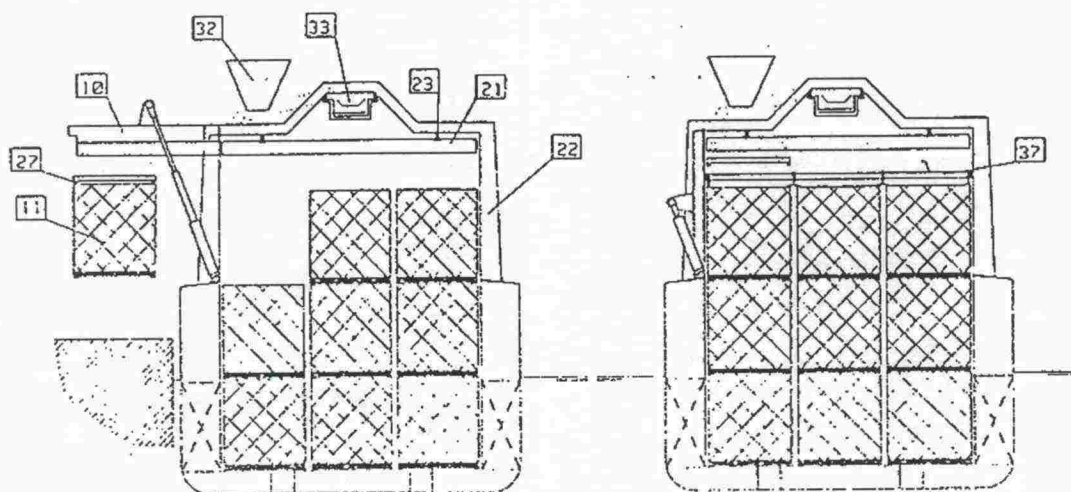
Tässä konseptissa on suhteellisen nopea pukkityyppinen nosturi asennettu konttilaivan solumaisen lastiruuman yläpuolelle toimimaan koko sen leveydeltä. Nosturin laiturinpuoleisen ulottuman ansiosta kontteja voidaan nostaa suoraan laivan ruuman ja laiturin välillä. Tämäntyyppinen ratkaisu on helposti automatisoitavissa.



**Kuva 5** Pukkinnosturisovellus konttilaivaan

### Laiva ja sen lastaus- ja purkausjärjestelmä (Konsepti)

Kyseessä on Jaakko Pöyry Oy:lle vuonna 1987 myönnetty patentti (71908). Keksintö koostuu laivasta, jonka toisessa tai kummassakin kyljessä on ainakin yksi sivuportti lastausta ja purkausta varten. Laivan ilman lastiluukkuja olevan pääkannen päälle on rakennettu katettu lastitila, jonka yläosaan tai kattoon on sovitettu kiskojärjestelmä yhtä tai useampaa laivan pituussuuntaan liikkuvaa siltanosturia varten. Laivan sivuportti on saranoitu yläpäästään ja sen sisäpintaan on sovitettu kiskot siltanosturin kuormausosaa varten niin, että sivuportti on käännettävissä vaakasuoraan, jolloin sen kiskot muodostavat siltanosturin kiskojärjestelmän jatkeen niin, että siltanosturin kuormausosa on ajettavissa ulos suuriksi yhtenäisiksi lastiyksiköiksi kootun ja laivan viereen ajetun kappaletavaralastin nostamiseksi laiturilta siirrettäväksi siltanosturilla edelleen lopulliselle paikalleen.



Kuva 6 Laiva ja sen lastaus- ja purkausjärjestelmä

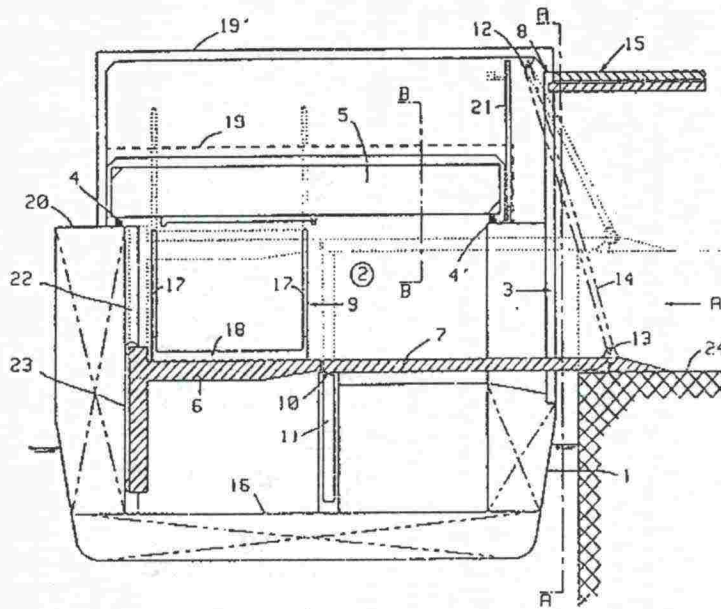
### Laiva ja sen lastaus- ja purkajärjestelmä (Konsepti)

Kyseessä on Jaakko Pöyry Oy:lle vuonna 1990 myönnetty patentti (80416). Keksintö koostuu laivasta, jonka ainakin toisessa kyljessä on vähintään yksi sen lastitilaan johtava aukko ja lastinkäsittelyjärjestelmästä, joka muodostuu lastitilan yläosassa olevista kiskoista ainakin yhtä laivan pituussuunnassa liikkuvaa siltanosturia varten. Keksinnön mukaan aukon yläreuna on oleellisesti ylempänä kuin siltanosturin kiskot. Patenttiin liittyy myös aukon kohdalla oleva osiin jaettu kuormausvälikansi, joka on pystysuunnassa liikuteltavissa sen saattamiseksi samalle tasolle laiturin kanssa. Tällöin lastiyksiköt ovat siirtovaunulla ajettavissa laivan lastitilaan siirrettäviksi edelleen lopulliselle paikalleen.



Keksinnön avulla aikaansaadaan laiva, jossa pienemmilläkään aluksilla ei tarvita aktiivista stabilointijärjestelmää ja ilman, että lastitilan tarvitsee olla koko pituudeltaan korotettu enemmän kuin mitä siltanosturin toiminta edellyttää.

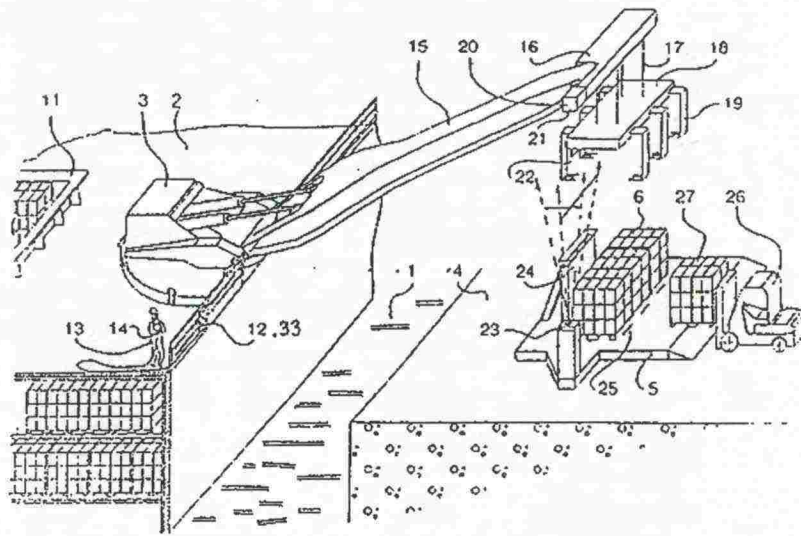
Keksintö on tarkoitettu erityisesti käytettäväksi metsäteollisuuden tuotteiden kuljetuksiin, mutta sitä voidaan käyttää myös muille lasteille.



**Kuva 7 Laiva ja sen lastaus- ja purkamisjärjestelmä**

### **Menetelmä aluksen ja aluksessa olevan nosturin asemoimiseksi aluksen lastausta varten (Konsepti)**

Keksinnölle on myönnetty vuonna 1994 patentti (91510) MacGregor-Navire (FIN) Oy:lle. Se on menetelmä aluksen ja siinä olevan nosturin asemoimiseksi lastausta varten aluksen ulkopuolella olevan lastausalustan suhteen. Lastausalustan yhteyteen on asetettu signaalilähetin kuten laserlähetin ja nosturiin tai alukseen signaalivastaanotin ilmaisiminen, jonka ilmaiseman signaalin paikan perusteella asemoidaan alus ja nosturi säätämällä niiden liikkeitä niin, että nosturin kuormauselimellä on mahdollista tarttua lastiin. Menetelmässä käytetään lisäksi lastia varten lastausalustalle asetettua lastauslavaa, joka on varustettu kuormauselimen ohjaimeen sopivalla vastaohjaimella kuormauselimen tarkaksi kohdistamiseksi lastin suhteen ja johon lastauslavaan voidaan mainittu laserlähetin sijoittaa.

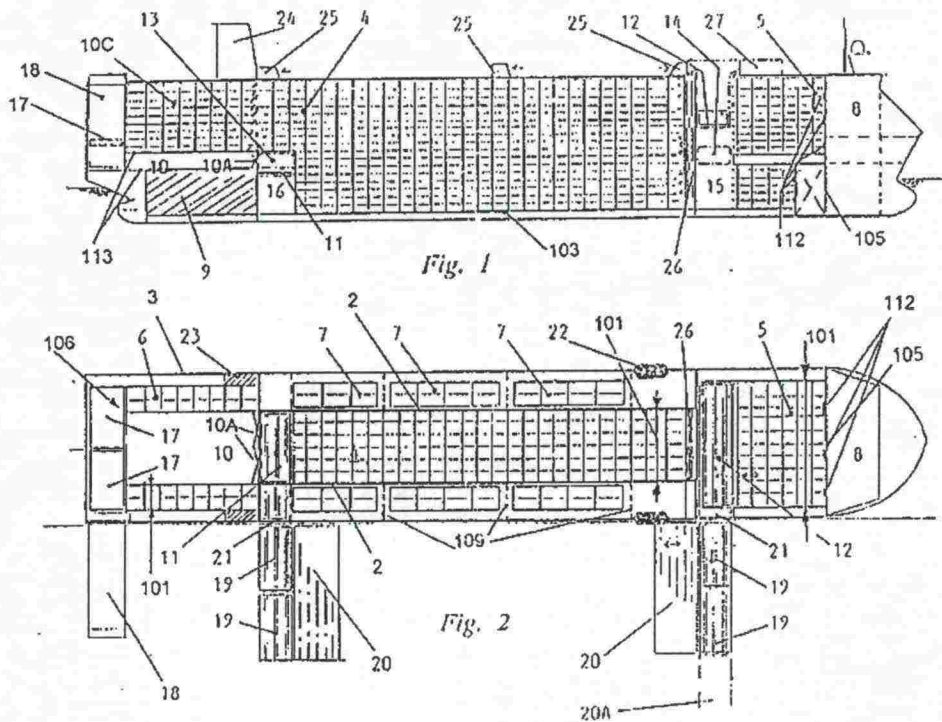


**Kuva 8 Menetelmä aluksen ja aluksessa olevan nosturin asemoimiseksi aluksen lastausta varten**

## Yksikkölastilaiva (Konsepti)

Rahtilaiva erilaisten pyöräajoneuvojen, kuten autojen sekä lisäksi konttien ja palletoitujen kappaletavaran tai vastaavien rahtiyksiköiden kuljettamiseksi samanaikaisesti, jolle patentti myönnetty vuonna 1996 (97459), Pekka Rapeli. Oleellista rungossa rahdinkäsittelyaukkoja rahtiyksiköiden viemiseksi rahtitilaan ja sieltä ulos sekä rahdinkäsittelyvälineet koneistoiheen rahtiyksiköiden liikuttamiseksi rahtitilassa. Rahtitila koostuu vähintään kahdesta erityyppisestä osuudesta. Ensimmäinen muodostuu vähintään yhdestä avaruusristikkorakenteesta ja toinen konttilastiruumista ja/tai johteilla varustetuista palletilavalastiruumista, joihin kontit ja vastaavasti palletilavoilla oleva raskas lasti lastataan ja puretaan pääasiassa pystysuunnassa. Ensimmäiset ja toiset rahtitilaosuudet sijaitsevat ainakin osittain vierekkäin kevyen kuorman järjestämiseksi ylös ja raskaan lastin sijoittamiseksi laivan alaosiin sekä painolastiveden ainakin osittaiseksi välttämiseksi.





Kuva 9 Yksikkölastilaiva

Kylkiportin käyttö itselastaavassa aluksessa saattaa olla ongelmallista, sillä aluksella on taipumus kallistella lastin kulkiessa kyljestä ulos. Useamman nosturin käyttö samanaikaisesti on erityisen hankalaa. Ongelma korostuu pienillä aluksilla.

### 3.2 RoRo-käsittely

RoRo-käsittelyssä lasti kuljetetaan alukseen pyörillä joko keula-, perä-, tai sivurampin kautta. Lastin siirto tapahtuu vaakatasossa. RoRo-järjestelmän kehitys alkoi 60-luvun loppupuolella lastin yksiköinnin ja uusien innovaatioiden myötä. Suomalaiset RoRo-alukset liikennöivät suhteellisen lyhyillä reiteillä. Käsiteltävät yksiköt ovat suuryksiköitä, lastinkäsittely on nopeaa ja järjestelmä soveltuu hyvin erilaisille lasteille. Lastitilan suhteellisen tehon hyödyntäminen on eräs järjestelmän heikkous, sillä käytettäviä yksiköitä ei yleensä voida pinota. Tehoton tilankäyttö korostuu mikäli aluksen järjestely on sellainen, että lastin siirtoon kannelta toiselle tarvitaan sisäisiä rampeja tai nostolaitteita.

Tehokkaamman tilankäytön mahdollistaa StoRo-käsittely, jossa lasti viedään alustoilla ruumaan, ahdetaan trukeilla paikoilleen ja alustat siirretään pois aluksesta. Storo on tietyissä erikoistapauksissa tehokas, jos voidaan yhdistää ominaispainoltaan raskaita (mm. raskaat hienopaperirullat) ja keveitä lasteja siten, että sekä aluksen tonnit että kuutiot tulevat hyödynnettyä. Storo-side RoRo:ssa lastia otetaan alukseen myös trukeilla sivuporteista.

Edellisten lisäksi on olemassa erilaisia yhdistelmiä mm. RoRo/Storo/LoLo -aluksia ja varsin yleisenä junalautat. Eräs esimerkki junalautasta on "Railship 1", jossa on peräportti, kapasiteetiltaan 84 tonnin nostolava vaunuille ja junaraiteet kolmella kannella. Suomalaisissa RoRo-aluksissa on useimmiten nostolavoja ja hissejä eri kansien välillä lastiyksiköiden liikutteluun. Joskus sivulastauslaitteena saattaa olla esimerkiksi kuljettimia.

RoRo-käsittelyssä lastit ovat esimerkiksi verrattuna konttien LoLo-käsittelyyn huomattavasti heterogeenisempia. Tämän lisäksi sille on tyypillistä, että ahdattaessa lastiyksiköitä joudutaan sovittelemaan aluksen ruumaan. Siten myös lastinkäsittelyn automatisointi on hankalampaa.

Yleinen trendi lienee, että RoRo-käsittelyn suhteellinen osuus tulee pienenemään. Syynä tähän ovat alusten korkeat rakentamiskustannukset ja suhteellisen tehon tilankäyttö. Toisaalta joissakin sovelluksissa, kuten juna-laiva -yhteyksissä ja shortsea-liikenteessä lyhyillä reiteillä se saattaa hyvinkin säilyttää asemansa.

### "Scandic"

Tässä alunperin ruotsalaisessa kahden terminaalien välisessä feeder-liikenteessä käytetyssä aluksessa/menetelmässä on kysymys kontteihin yksiköidyn lastin käsittelyn mekanisoinnista. "Scandic" hyödynsi ensimmäisenä RoRo-aluksena peräramppia. Aluksen miehistö lastasi ja purki 20' konttiyksiköt 25 tonnin trukeilla. Kaikki kontit olivat aluksen ruumissa poikittain sijoitettuina. Alempi ruuma ahdattiin automaattisesti kuljettimella (RBC, Running Beam Conveyor). Kuljetinta syötti konehuoneen laipion etupuolelle poikittain sijoitettu hissi ylemmältä kannelta.

Järjestelmän etuja olivat riippumattomuus terminaalien lastinkäsittelystä ja oman miehistön käytön kokemuksen mukanaan tuoma tehokkuus ja kustannusetu. Pienellä ja suhteellisen yksinkertaisella aluksella saavutettiin näin lyhyt satama-aika ja tiheä liikennöinti. Järjestelmän käytettiin joitakin vuosia. Lopettamisen syyt lienevät olleet poliittisia, sillä se olisi poistanut terminaalityöntekijöiden tarpeen.

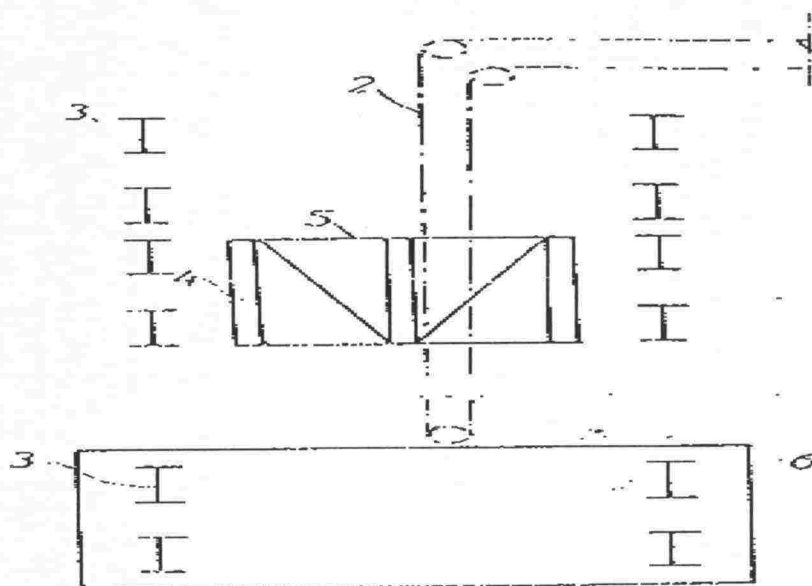
Menetelmän otti Suomessa käyttöön **Bore Lines** Göteborgin ja Suomen välisessä liikenteessä ja se lienee jossain muodossa käytössä edelleen. (Wijnolst et al., 1993)

### Finnflow-järjestelmä

Finnflow-järjestelmää on käytetty Finncarriersin aluksissa. Ensimmäinen näistä oli "Finncarrier", joka valmistui 1969. Tässä järjestelmässä käytettiin suurlavoja, joille voitiin sijoittaa paperirullia, puutavaraa, vaneria ym. Laivaan suurlavat kuljetettiin perä-, keula-, tai sivuramppia myöten joko kannelle riviin lastausjärjestyksen mukaan tai nostolavalle toiselle kannelle siirtoa varten. Kuljettamiseen käytettiin varhaisia lukkitrukkeja. Vetomestareilla laivaan vedettiin mm. puoliperävaunuja ja hanhenkaulalla varustettuna lauttavaunuja, joita voitiin käyttää myös mm. konttien kuljetukseen.



Nostolavalle tuotu suurlava kohotettiin ilmanpainetoimisen "sivuun siirtovaunun" korokkeiden varaan ja vaijerivetoinen siirtovaunu ajettiin suurlavoineen lastaussuunnitelman mukaiseen paikkaan, jossa lava laskettiin pois vaunulta. Tämä menetelmä patentoitiin (kuva).



**Kuva 10 Sivusiirtovaunu kuvattuna kaaviona jostain laivan rahtitilasta**

Finnflow-järjestelmä sisälsi vielä paljon manuaalista työtä mm. teräskorokkeitten käsittely, pystypalkkien käyttö nostolavakuiluun putoamisen estämiseksi, ahtaustyynyjen käyttö lastin tukemiseen, erilaisten "surrausten" käyttö lastin liikkumisen estämiseksi, vanerilevyjen käyttö yksiköiden alla sekä konttien osalta kontistakkerien käyttö lauttavaunulla kuljetettaessa.

Vuonna 1987 "Finncarrier" pidennettiin, korotettiin ja muutettiin matkustaja-/RoRo-rahti- ja junalautaksi. Useat Finnflow-järjestelmän ominaispiirteet ovat kuitenkin käytössä edelleen.

### 3.3 Proomujärjestelmät

#### 3.3.1 Proomut

Proomu on rakenteeltaan yksinkertainen kuljetussäiliö, jossa ei ole omaa koneistoa eikä miehistöä. Perinteisesti proomuja on joko työnnetty tai hinattu erilaisilla hinaajilla. Proomujen lastinkäsittelytapa voi periaatteessa olla mikä tahansa laivoille käytettävä lastinkäsittelymenetelmä esim. LoLo tai RoRo. Samoin periaattein niidenkin lastinkäsittely on mekanisoitavissa tai automatisoitavissa.

Proomujärjestelmissä proomujen ominaisuuksia voidaan hyödyntää ainakin kahdella eri tavalla:

1. Siirretään sisävesikuljetuksessa käytetyt proomut merikuljetusta varten suurempaan alukseen.
2. Pyritään minimoimaan aluksen lastinkäsittelyaika satamassa lastaamalla kelluvat proomu-yksiköt/varastot etukäteen valmiiksi noutoa varten.

### **Neptun Carrier**

Tämä on esimerkkinä hieman tavanomaista pidemmälle kehitellystä proomusta. Alus on 10000 dwt:n kansiproomu Itämeren raakapuun kuljetuksiin, joka voidaan periaatteessa kaatopurkaa, mutta raakapuunippujen sidelankojen heikon kestävyys vuoksi yleensä puretaan nostureilla. Kansiproomussa on lastinkäsittelyä varten kolme nosturia. Proomua voidaan sekä hinata että työntää. (von Bagh, 1988)

### **3.3.2 Puskuproomujärjestelmät**

Puskuproomujärjestelmään kuuluu ihanteellisessa tapauksessa pusku (työntäjä) ja kolme proomua. Kahden sataman välisessä liikenteessä proomuista yksi on purkauspäässä, yksi lastauspäässä ja yksi matkalla pusken mukana. Ajatuksena on, että kalliin työntöyksikön aika hyödynnetään proomuunkeytytimisaikoja lukuun ottamatta täysin kuljetustyöhön. Suhteellisen halvat proomut sen sijaan voivat seisoa lastinkäsittelyssä. Järjestelmä soveltuu erityisen hyvin säännöllisille tavaravirroille, joissa lastinkäsittelyajan suhde reitin meriaikaan on suuri.

#### **Finnpusku**

Esimerkkinä toteutuneesta puskuproomujärjestelmästä on tähän otettu Finnpusku, vaikka se onkin tarkoitettu bulkkilastien kuljetuksiin. Puskuproomujärjestelmän kehitystyön tekivät Finnliness Oy, Wärtsilä Oy ja Hollming Oy. Rautaruukin käytössä olevan järjestelmän kaksi puskuja ja viisi proomua (14000 dwt) rakennettiin Hollmingin telakalla Raumalla, lukuun ottamatta Portugalissa valmistettuja proomujen runkoja.

Puskuosan ja proomun välissä on jäykän liitoksen mahdollistavat kytkentäelimet, minkä ansiosta yhdistelmä käyttäytyy merenkäynnissä konventionaalisen aluksen tavoin. Proomun vaihtoon kuluva aika on kuitenkin vain noin yhteensä tunti, mikä vertautuu konventionaalisessa aluksessa lastinkäsittelyaikaan.

Proomuissa on sivulla lastausportit ja lastitila oli aikaisemmin täysin yhtenäinen, mikä helpotti bulkkilastien lastinkäsittelyä autopurkauksissa. Avotilassa vettyneen malmilastin liikkuminen aiheutti kuitenkin joulukuussa 1990 vakavan onnettomuuden, jossa Finn-Baltic-

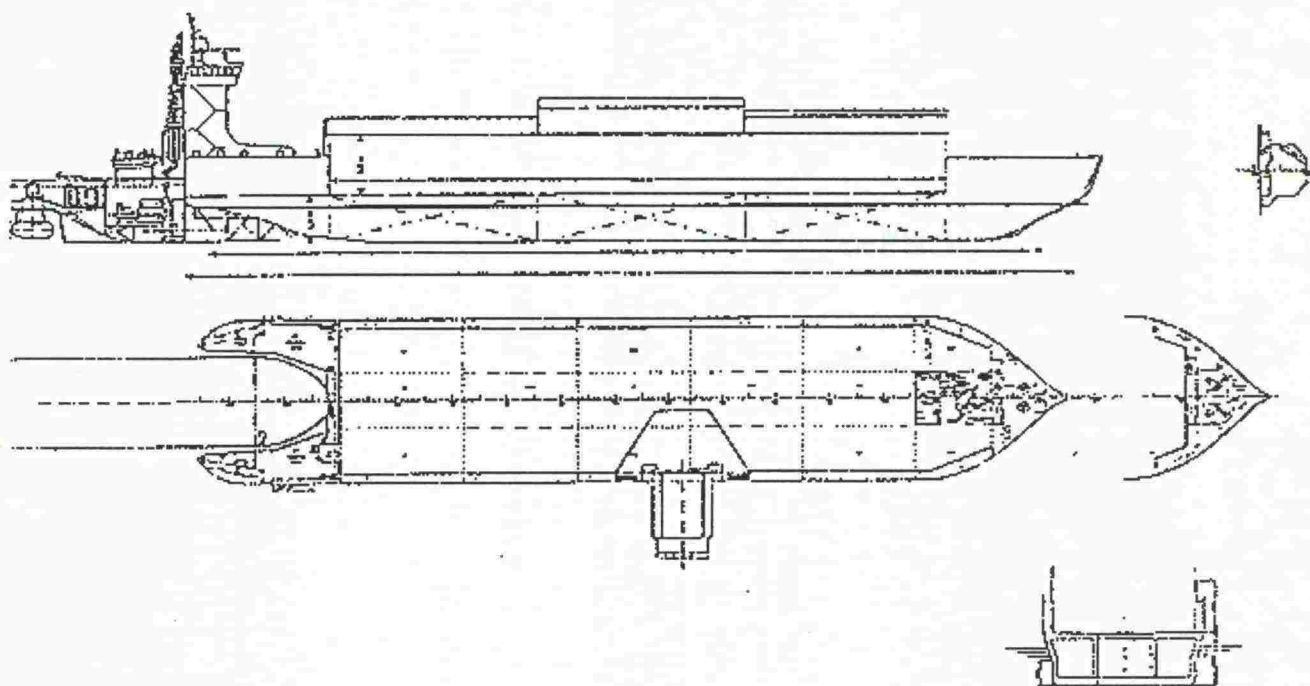


yhdistelmä kaatui merenkäynnissä ympäri ja kahdeksan ihmistä menehtyi. Tämän jälkeen proomujen rakenteeseen lisättiin laipioita ja kuljetettaville lasteille asetettiin rajoituksia.

Operointialueesta, satamien välisistä etäisyyksistä ja satamien suuresta määrästä johtuen puskuproomujärjestelmää ei ole voitu hyödyntää ihanteellisessa liikennekuviossa, minkä vuoksi myöskään taloudellisesti ei ole saavutettu teoreettisia arvoja.

### **Puskuproomujärjestelmä (Konsepti)**

Kvaerner-Masa Yards on esittänyt erilaisia versioita puskuproomujärjestelmän perusidean hyödyntämiseksi. Eräs näistä konsepteista on nopea puskuproomuyhdistelmästä konttien kuljetukseen. Katettua proomua käytettäessä on mahdollista hyödyntää järjestelmää muunmuassa metsäteollisuuden lastien kuljetukseen ja välivarastointiin.



**Kuva 11 Puskuproomujärjestelmä**

### **3.3.3 Proomuemälaivajärjestelmät**

Proomuemälaivajärjestelmissä proomut siirretään tukialukseen joko nostamalla tai uittamalla. Proomuemälaivajärjestelmä on perinteisesti ollut sisävesiproomujen merikuljetusalue. Järjestelmiä on Suomessa kehittänyt ainakin Valmet ja Oy Wärtsilä Ab.

Telakkatyypinen proomuemälaiva upottaутuu painolastitankkien avulla niin syvälle, että proomut voidaan veden varassa uittaa sen ruumaan tai sieltä pois. Telakkatyypinen proomuemälaiva voi kuljettaa erikokoisten proomujen ohella myös muita kelluvia esineitä tai projektilasteja.

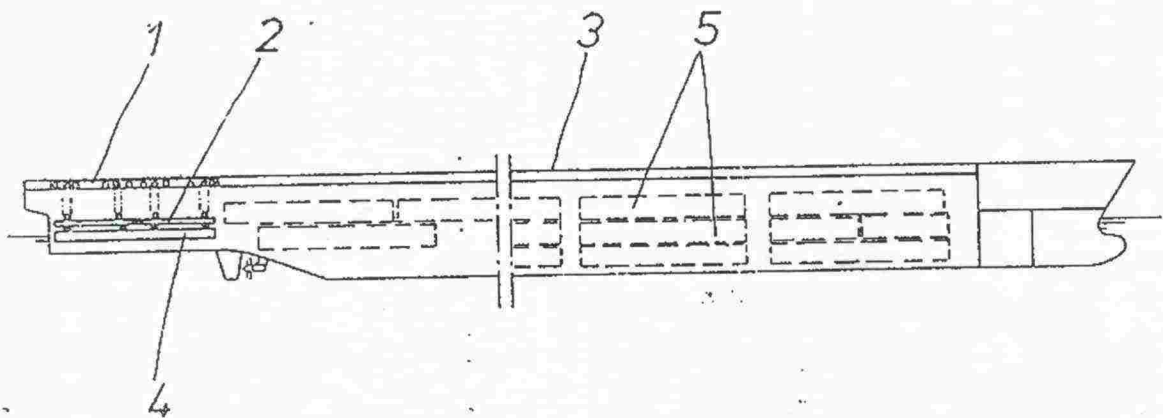
### LASH- ja Seabee-alukset

Yhdistettyä sisävesi-meriliikennettä varten kehitettiin 1960-70-luvuilla proomuemä-laivajärjestelmät omine lastiyksiköineen. Näissä alustyypeissä kelluvat lastiyksiköt (proomut), jotka voivat sisältää erilaisia lasteja, nostetaan aluksen perästä sen omalla nosturilla ja lasketaan paikalleen lastiruumaan. Emäalusratkaisut ovat olleet kalliita ja ainakin LASH-toteutukset ovat olleet taloudellisesti ongelmallisia. Suomalainen Kone on ollut mukana toimittamassa nostureita Seabee-aluksiin.

### Nostolaite

Tästä keksinnöstä on myönnetty patentti (50230) vuonna 1976 Oy Wärtsilä Ab:lle. Keksinnön kohteena on nostolaite varsinkin vedessä kelluvien eri kokoisten proomujen tai vastaavien nostamiseksi, johon kuuluu runko-osa sekä pystysuorassa liikkuva nostokehys, johon nostettava kuorma kiinnitetään. Keksinnön tarkoituksena on luoda nostolaite, joka on erittäin käyttövarma ja tehokas riippumatta siitä onko nostettava pieniä tai isoja kuormayksiköjä. Keksinnön mukainen nostolaite on erikoisesti suunniteltu kahden erisuuruisen kuormayksikön nostamiseksi, joista toinen on kaksi kertaa toista pitempi. Kuormayksiköt nostetaan aluksen peräpäästä.

Keksinnön mukainen nostolaite voidaan tehdä niin matalaksi, että käytettäessä sitä laivassa koko nostolaite voidaan asettaa liikkumaan laivan kannen alle. Laivan rakenteen kannalta lujusteeknisesti edullista saavuttaa kansi, jossa ei ole suuria aukkoja. Ei ole tiedossa onko nostolaitetta toteutettu käytännössä.

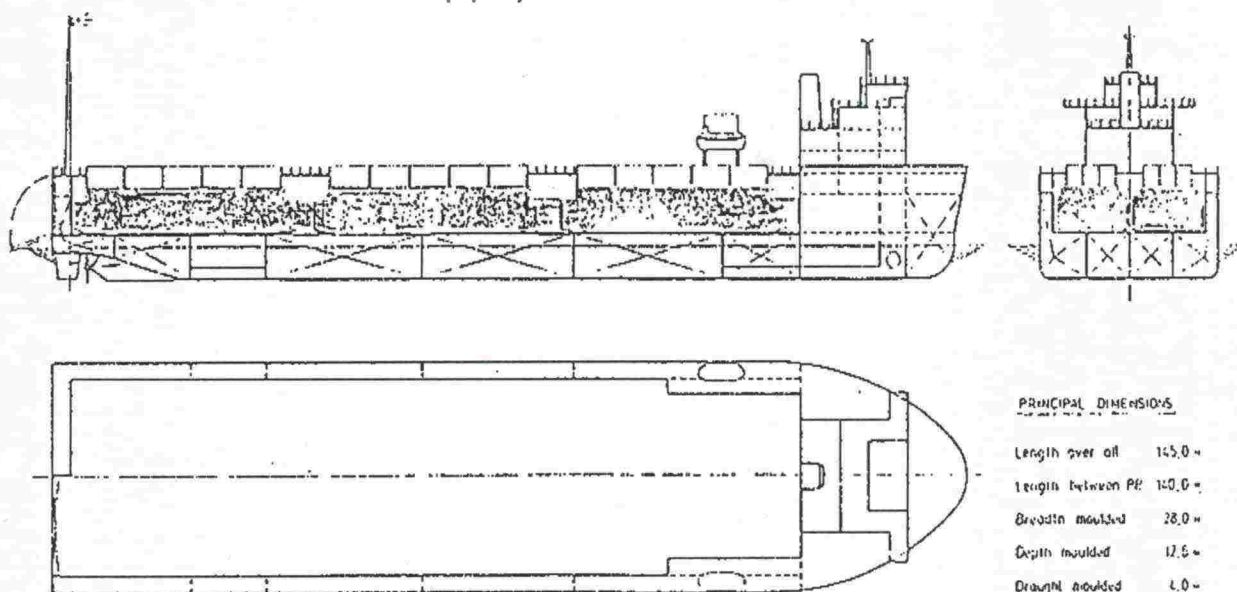


Kuva 12 Nostolaite



### Floater

Tämä on Valmetin 1970-luvulla esittelemä upotettavaa tyyppiä edustava emälaiva, jossa proomut viedään uittamalla lastitilaan. Konseptin alus oli suunniteltu ottamaan lastikseen kuusi kappaletta Tonava-Meri-proomuja. Alus oli rakenteeltaan varsin yksinkertainen ja halpa, mutta ei ole tiedossa rakennettiinko kyseisenkaltaista alusta.



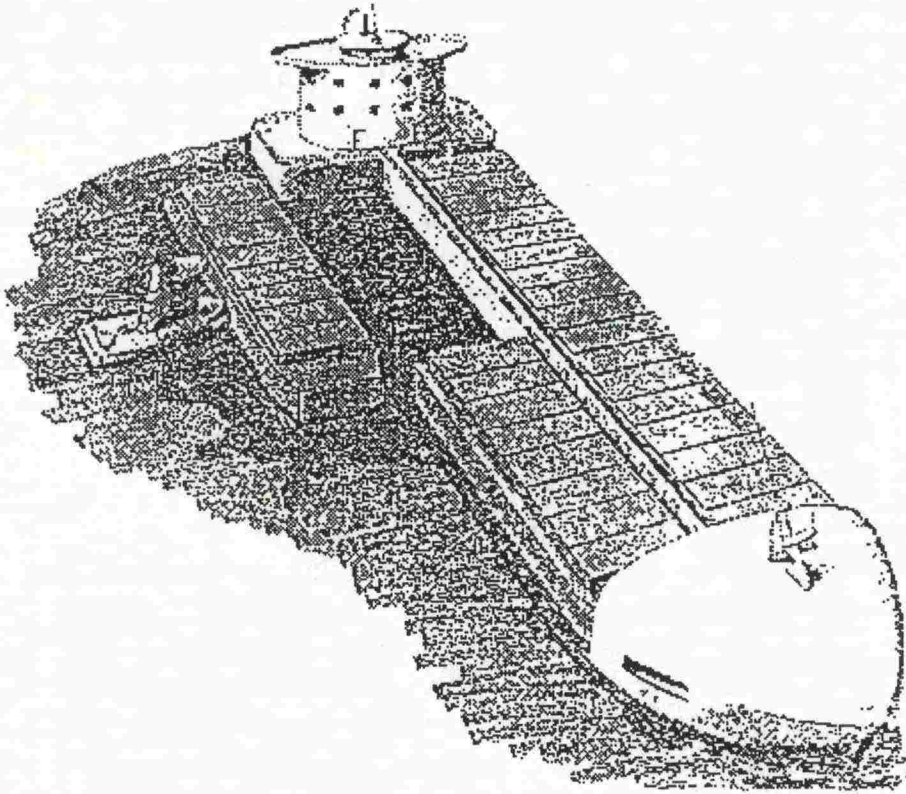
Kuva 13 Floater-alus

### Proomuemälaiva (Konsepti)

Tämä on Kvaerner-Masa Yardsin konsepti telakkatyyppisestä puoliuppoavalla rungolla varustetusta konttilaivasta, jonka ruumaan kelluvalle proomulle etukäteen lastatut kontit uitetaan. Kun proomut ovat ruumassa, painolasti pumpataan pois ja proomut kiinnitetään aluksen kanteen.

### Eurobarge (Konsepti)

Kvaerner-Masa Yards on esittänyt ajatuksen puoliuppoavarunkoisesta emäaluksesta, jonka kylkiin mitoiltaan esim. sisävesikuljetuksiin optimoidut proomut uitetaan ja kiinnitetään merikuljetusta varten. Proomut sopivat periaatteessa erilaisille lasteille. Eräänä mahdollisuutena on esitetty proomujen käyttämistä paperiteollisuuden tuotteiden välivarastointiin ennen kuljetusta.



**Kuva 14** Eurobarge-proomuemäalus

### **3.4 Erilliset innovaatiot**

#### **3.4.1 Kasetti- ja lastiyksikköjärjestelmät**

Erilaisten kasetti-, siirtoalusta- ja vastaavien järjestelmien perusajatus on erilaisten lastien yksiköinti. Kasettijärjestelmien keskeisimmät laivan lastinkäsittelyssä saavutettavat edut tiivistettynä:

- Suurempi käsiteltävä yksikkökoko, jolloin lastinkäsittelytehot saattavat kasvaa
- Käsittelyn mekanisoinnin helpottaminen ja lastinkäsittelylaitteiden parempi hyödyntäminen
- Tietyissä tapauksissa esim. jos irtolasti saadaan yksiköitynä pinottavaksi laivakaluston kapasiteetin voidaan paremmin hyödyntää
- Lastinkiinnitystarpeen vähentäminen
- Automatisoinnin mahdollistaminen



Kasettien käyttö RoRo-aluksen ruumassa minimoi lastinkiinnitystarpeen, sillä ne voidaan ahtaa rinnakkain kiinni toisiinsa. Koska kasetti homogenisoi lastin, myös käsittelylaitteiden kirjoa voidaan pienentää ja lisäksi tarjoutuu paremmat mahdollisuudet automatisoida lastinkäsittelyä myös RoRo-tyyppisessä lastinkäsittelyssä.

Kasetti voi toimia välikuljetuslaatikkona esim. terminaalista terminaaliin, jolloin aluksen kapasiteetti voidaan paremmin hyödyntää ts. ahtauskerroin kasvaa. Jokaista pientä taakka ei myöskään tarvitse tunnistaa/paikallistaa kuljetuksen aikana.

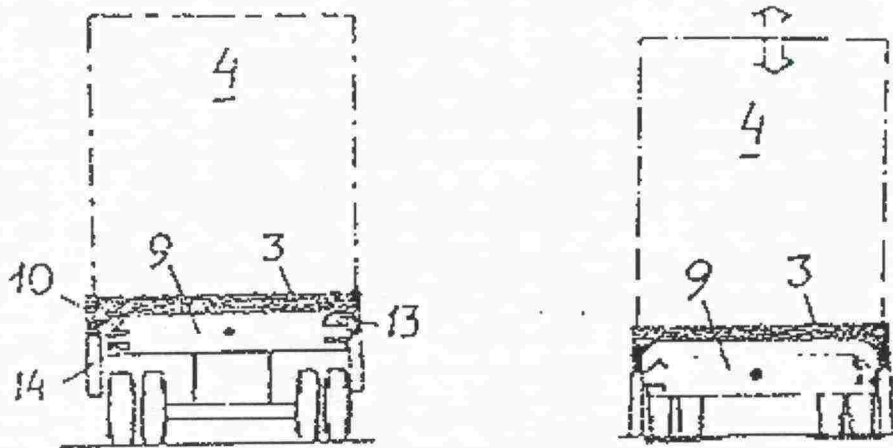
Haittapuolia ovat kasetin omapaino ja se, että kasetti on erikseen lastattava/purettava.

Seuraavassa esitellään muutama lastiyksikkö/kasetti ja niiden käsittelymenetelmä.

### **Ahtaus- ja siirtolaitteen automaattiohjausjärjestelmä ja kuormaa kannattava kasetti, jolla järjestelmä toteutetaan (Konsepti)**

Tästä keksinnöstä on saanut patentin vuonna 1988 Oy Electrolux Ab - Kahete. Keksintö koskee ahtaus- ja siirtolaitteen automaattiohjausjärjestelmää, jonka tarkoituksena on helpottaa ahtaus- ja siirtolaitteen runko-osan ohjautumista siirrettävän kasetin alle törmäämättä sen sivurakenteisiin ja kasetin paikoittamista haluttuun kohtaan törmäämättä viereisiin pintoihin. Ohjausjärjestelmä perustuu ultraäänimitta-antureiden antamiin mittaustietoihin antureiden edessä oleviin pintoihin nähden. Mittaustiedot muutetaan korjausimpulsseiksi, jotka välitetään teliin rakennettuun kääntömekanismiin, joka automaattisesti ohjaa teliakselin tai -akselit sellaiseen kulmaan, jolla ahtaus- ja siirtolaite osuu halutulle etäisyydelle viereisestä pinnasta. Kun laite ajetaan kasetin alle, muodostuvat viereiset pinnat tämän jälkimmäisen kasetin sivurakenteista. Automaattiohjausjärjestelmän avulla ohjataan kasetti turvaetäisyyden päähän viereisestä kasetista ja manuaalisella ohjauksella suoritetaan lopullinen paikoitus toiseen kasettiin kiinni.

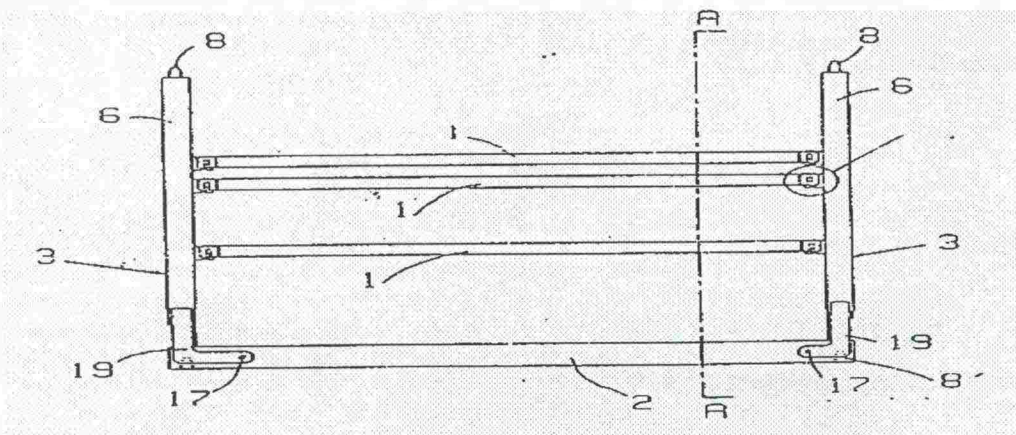
Keksintö koskee myös kasettia, jolla ohjausjärjestelmä toteutuu. Kasetin sivurakenteet on mukautettu ahtaus- ja siirtolaitteen runko-osassa oleviin, pystysuunnassa välimatkan päässä toisistaan oleviin ultraäänipareihin siten, että ylemmät anturit mittaavat etäisyyttä kasetin sivurakenteisiin kun suoritetaan ajo kasetin alle ja, että alemmat anturit mittavat etäisyyttä viereisiin pintoihin, esimerkiksi viereisen kasetin sivurakenteisiin, kun suoritetaan paikoitus.



**Kuva 15** Ahtaus- ja siirtolaitteen automaattiohjausjärjestelmä ja kasetti

#### Lastiyksikkö (Konsepti)

Keksinnöstä on myönnetty vuonna 1991 patentti (83067) Jaakko Pöyry Oy:lle ja norjalaiselle Ugland Trading A/S:lle yhdessä. Keksintö kohdistuu lastiyksikköön, jossa on suorakaiteen muotoinen päädyillä varustettu pohjalava, joiden päätyjen yläkulmissa ja vastaavasti lavan alapinnassa on tartunta- ja ohjauseliimiä lastiyksiköiden pinoamiseksi päällekkäin ja lastiyksikön automaattista siirtoa varten. Lastiyksikössä on useita välilavoja, joiden pituus on suurin piirtein sama kuin päätyjen etäisyys toisistaan ja leveys korkeintaan sama kuin lavalla, sekä kiinnityselimiä välilavojen kiinnittämiseksi halutulle korkeudelle päällekkäin ja mahdollisesti vierekkäin päätyjen varaan.

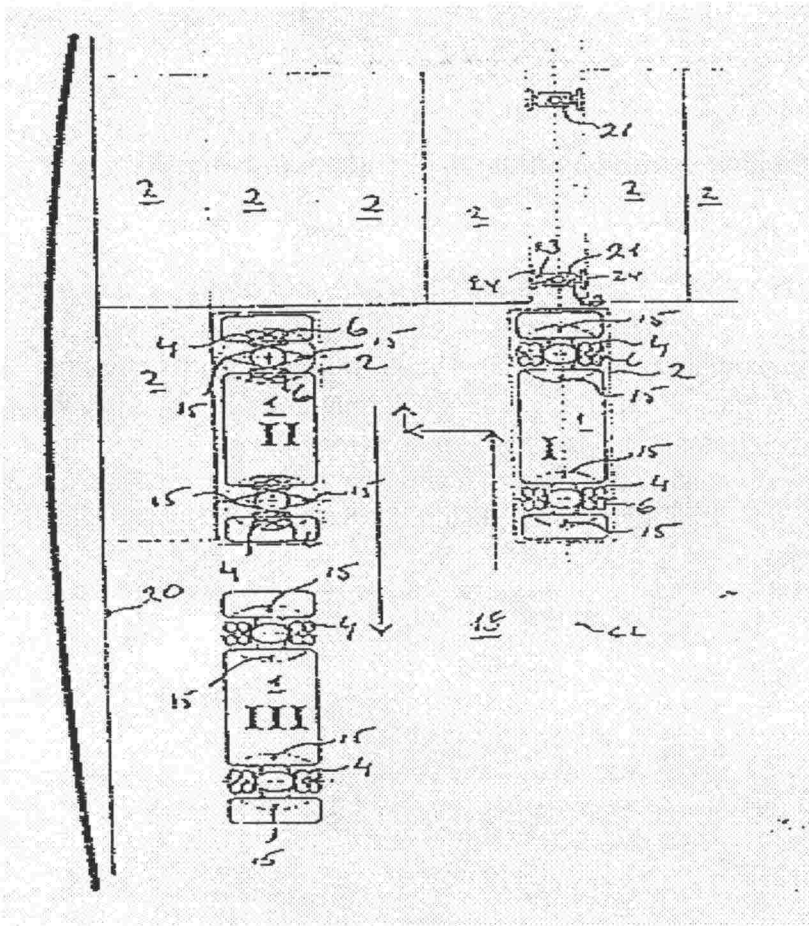


**Kuva 16** Lastiyksikkö



### Lastinkäsittelymenetelmä (Konsepti)

Menetelmälle on hakenut patenttia Marita Järvinen Oy vuonna 1993. Menetelmässä miehittämätön kaukohallittu siirtolaite, joka on kuormattu jalallisella kasetilla ajetaan laivan kannella lähelle toisia kasetteja asemaan (I), jonka jälkeen siirtolaitteen pyörästö rakenteiden sisältämät vapaasti ohjautuvat tukipyörät lasketaan vastaamaan kanteen ja pyörästö rakenteita käännetään 90 astetta. Tämän jälkeen siirtolaite kuormineen ajetaan vasten toista kasettia asemaan (II), jonka jälkeen pyörät käännetään alkuperäiseen suuntaan ja siirtolaite ajetaan vielä vasten edessä olevia kasetteja. Kuormana ollut kasetti jätetään tähän asemaan ja siirtolaite ajetaan pois sen alta asemaan (III).



Kuva 17 Lastinkäsittelymenetelmä

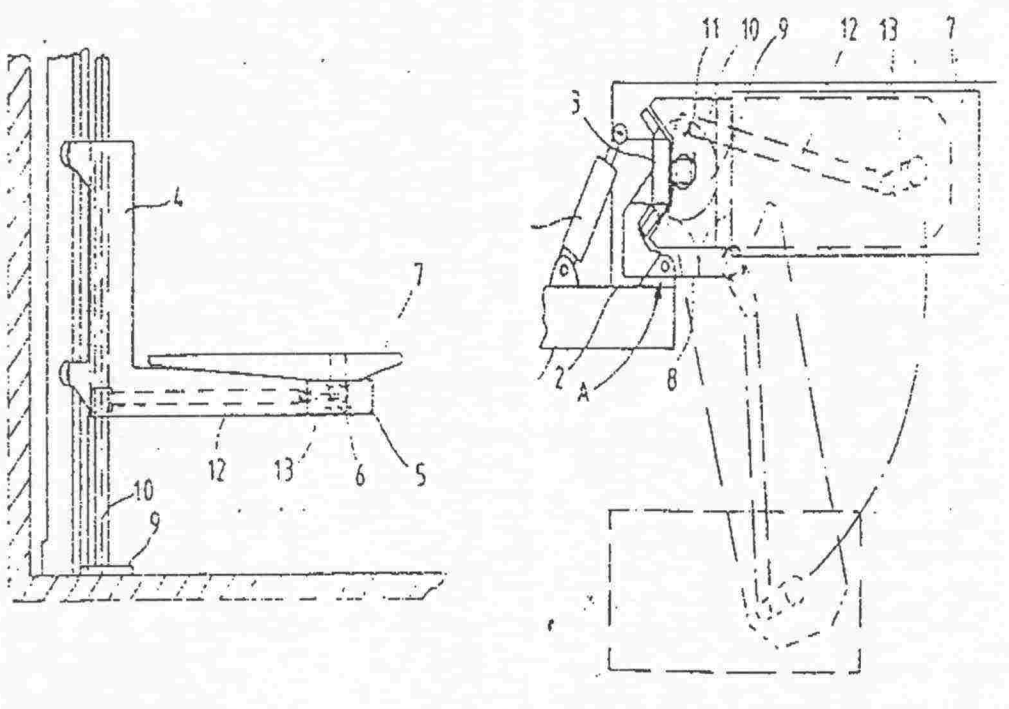
### 3.4.2 Hissijärjestelmät

Erilaisia hissejä ja nostimia käytetään pystysuunnassa tyypillisesti RoRo-käsittelyssä lastin siirtoon eri kansien välillä.

Seuraavassa esitellään laivan lastinkäsittelyn mekanisointiin esimerkinomaisesti kaksi nostolaitetta.

#### Laivan sivulastausjärjestelmä

Sivulastausjärjestelmälle on haettu patentti vuonna 1986, hakijana MacGregor-Navire SF Oy. Kyseessä on laivan sivulastausjärjestelmä, johon kuuluu kaksoispohjalla varustetun laivan laidoituksen sisäpuolella olevassa pystysuorassa kuilussa pystysuoran akselin ympäri kääntyvää johdepalkkia pitkin liikkuva lastihissi. Lastihissin vaunussa olevan ulokepalkin päähän pystysuoralla kääntöakselilla kiinnitetty kuormalava on johdepalkkia kääntämällä siirrettävissä hissikuilusta laivan laidan ulkopuolelle haluttuun asentoon.

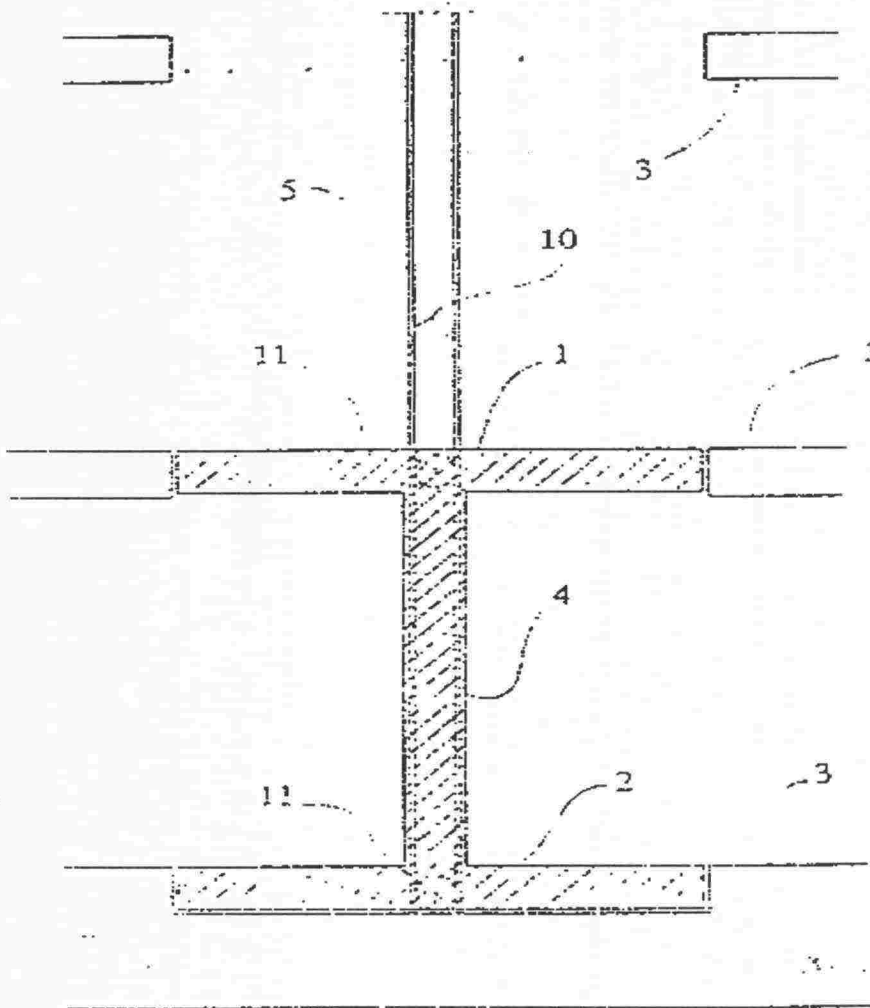


Kuva 18 Laivan sivulastausjärjestelmä



### Laivassa käytettävä nostolava

Kyseiselle laitteelle on myönnetty patentti vuonna 1993 (88729), hakija MacGregor-Navire (FIN) Oy. Keksinnön kohteena on laivassa käytettävä nostolava, johon kuuluu kaksi päällekkäistä kuormaustasoa, nostokoneisto nostolavan liikuttamiseksi pystysuunnassa eri kansitasojen välissä ja ohjainelimet nostolavan tukemiseksi ja ohjaamiseksi. Päällekkäiset kuormaustasot on yhdistetty toisiinsa nostolavan pystysuuntaisessa keskitasossa rivillä pystysuorassa olevia tukitolppia.



Kuva 19 Laivassa käytettävä nostolava

### 3.4.3 Muut laitteet

#### Kuljettimet

Kuljettimia käytetään yleisesti bulkkilastien käsittelyssä. Joissakin suomalaisissakin RoRo-aluksissa on kuljettimia laivan kyljestä tapahtuvaa lastinkäsittelyä varten, mutta rajoitetulle kuormalle. Periaatteessa minkään ei pitäisi estää järeämpienkin kuljettimien käyttöä irtolasteilla tai yksikkölasteilla kuljettamaan lastia laiturilta laivan ruumaan. Ongelmia aiheuttavat mm. vedenkorkeuden vaihtelut ja laivan syvyyden vaihtelut lastinkäsittelyn edetessä.

#### Vihivaunut

Periaatteessa vihivaunuja olisi mahdollista hyödyntää laivan ruumassa tapahtuvassa lastinkäsittelyssä. Yhdessä jäljempänä mainitun manipulaattorin kanssa vihivaunut saattaisivat sopia metsäteollisuustuotteillekin StoRo-käsittelyyn. RoRo-käsittelyyn vihivaunut tulevat ehkä tulevaisuudessa ensimmäisinä, sillä laivan lastinkäsittelymenetelmistä se muistuttaa ehkä eniten maapuolen ympäristöjä, joissa vihivaunuja on jo sovellettu. Laivakäsittelyyn soveltuvia vihivaunuominaisuuksia suuryksiköille on mm. aiemmin esitellyssä Marita Järvinen Oy:n lastinkäsittelymenetelmässä.

#### Manipulaattori

Manipulaattori on kehitetty ”Paperin käsittely ja kuljetus 2000”-projektin yhteydessä paperirullien käsittelyn automatisointiin. Rullan tartunta on automatisoitu siten, että manipulaattori tunnistaa rullan koon ja asennon ja kykenee tarttumaan taakkaan ilman ihmisohjausta.

Menetelmässä on mahdollista siirtää rullat täysin automaattisesti esim. muistiin syötetyn tai radioteitse syötettävän työlistan mukaisesti pisteestä A pisteeseen B. Tässä hyödynnetään vihivaunuista tuttua tekniikkaa. Menetelmä on ensisijaisesti tarkoitettu maapuolelle rullien tehdas, terminaali ja satamakäsittelyyn, mutta mahdollisena hyödyntämiskohteena on pidetty myös aluksen ruumassa tapahtuvaa lastinkäsittelyä. Tässä laivan ruumaan esimerkiksi sivuporttihissillä tulevat rullat purettaisiin hissiltä ja kuljetettaisiin ruumaan lastisuunnitelman mukaiseen paikkaan täysin ilman manuaalista ohjausta.



#### 4. YHTEENVETO

Laivojen lastinkäsittelyn mekanisoinnin edut ovat kiistattomat, tästä on esimerkiksi konttiliikenteen maailmanlaajuinen menestys selkeä osoitus. Lastinkäsittelyn mekanisoinnin ja automatisoinnin kehityshankkeet ovat vahvasti keskittyneet satamaan ja terminaaleihin, vaikkakin joitain lähinnä ulkomaisia laivakalustoratkaisuja on toteutunut. Kuten selvityksestä käy ilmi ovat suomalaisetkin innovoineet ja esittäneet ideoita laivojen lastinkäsittelyn mekanisoinniseksi ja automatisoinniseksi, mutta varsin harva on toistaiseksi edennyt toteutukseen asti.

Aikaisemmin muun muassa ennen kuin standardikonttiyksikkö löi itsensä läpi ja sopivia nostureita puuttui satamista, laivat oli varustettu omilla nostureilla. Teknisessä mielessä lastinkäsittelylaitteiston sijoittamisella laivaan on kuitenkin haittoja, sillä normaalisti aluksen runkoa on vahvistettava kannattamaan laitteiston ja liikuteltavan taakan paino, jolloin aluksen omapaino kasvaa, hyötykuorma pienenee ja rakentamiskustannukset nousevat. Nopeat hoikkarunkoiset alukset, jotka ehkä eniten hyötyisivät tehokkaasta ja automatisoidusta lastinkäsittelystä tämä on ongelma, sillä ne ovat muutenkin painokriittisiä.

Investoinnit merikuljetuksissa ja satamatoiminnoissa ovat tyypillisesti suuret ja niiden elinaika pitkä, siten myös niihin sisältyvät riskit ovat suuret. Virheellisen alushankinnan kanssa joudutaan elämään pahimmillaan parikymmentä vuotta. Lastinkäsittelylaitteiston alukseen sijoittamisen tai voimakkaan järjestelmän räätälöinnin aiheuttaman suuremman kertainvestoinnin vaikutusalue saattaa olla vaihtoehtoiseen terminaaliin tehtävään investointiin verrattuna pienempi esimerkiksi tapauksessa, jossa investoidaan yhteen alukseen useita aluksia palvelevan laiturinosturin asemesta. Myös järjestelmän joustavuus saattaa kärsiä, sillä räätälöity alus voi olla pakotettu operoimaan tiettyjen terminaalien välillä. Samasta syystä räätälöidyn aluksen jälkimarkkinat saattavat olla pienet ja siten jälleenmyyntiarvo alhainen. Lopulta hankkeissa on yleensä ratkaisevaa saavutettavat hyödyt tehtyjä investointeja vastaan. Sijoitetun pääoman on myös laivan lastinkäsittelyn mekanisointi- tai automatisointi-investoinneissa tuotettava.

Keskusteluissa ja haastatteluissa merkittävänä esiin tulleena kehitystyötä hidastava seikkana mainittiin, että usein puuttuu taho joka tarkastelisi kuljetusketjua kokonaisuutena tai jolla muuten on intressi investoida laajemmin järjestelmän kehittämiseen. Toteutuneissa uusissa järjestelmissä on ollut toimija jonka tarpeiden pohjalta on lähdetty kehittämään ratkaisua. Laajempien järjestelmien kehittämisen kannalta tärkeintä onkin löytää instanssi, jolla on vahva intressi kehittää ratkaisuja, mahdollisuus muuttaa rakenteita ja riittävästi voimaa viedä projekti läpi.

Selvästi kävi ilmi myös se, että eri tahoilla suunnittelijoista ja laitevalmistajista kuljetusyrityksiin asti on kiinnostusta kehittää uusia ratkaisuja. Usein edellä mainituista syistä käytännössä konkretisoituvat hankkeet ovat kuitenkin lähinnä yksittäisiä kone- tai laiteinnovaatioita ns. ”pienen askelten politiikkaa”.

Paperiteollisuus voisi olla taho, jolla on riittävästi riskinkantokykyä ja intressi toimia kokonaisuuden kehittämisen kannalta. Toisaalta eräässä kommentissa kehityksen esteenä

nähtiin se, että järjestelmiä kehitetään liikaa paperiteollisuuden ehdoilla. Ei tutkita koko ketjua, vaan ainoastaan yhdensuuntaista vientiliikennettä. Tämän vuoksi käytettävät ratkaisut eivät sovellu muuntyyppisille lasteille, joita paluulastit yleensä edustavat. Paperiteollisuuden yritysten ohella riittävän suuri ovelta-ovelle kuljetuspalveluyritys saattaisi myös omata edellytyksiä toimia liikkeelle panevana voimana.

Tämänhetkinen automatisointiaste laivan lastinkäsittelyssä vaikuttaa muuhun teollisuuteen, kauppaan ja palvelualaankin verrattuna suhteellisen alhaiselta. Yleinen kehitys näillä aloilla tuo kuitenkin mukanaan paineita, jotka ajanevat mekanisointi ja automatisointikehitystä eteenpäin myös tällä sektorilla. Tietokoneiden arvellaan löytävät tiensä lähes kaikkien toimintaan kuljetusketjussa. Tietokoneiden tehokkaaksi hyödyntämiseksi, lastin yksiköinnin tulee edetä, sillä yksittäisten taakkojen liikuttelun asemesta se paitsi että vähentää käsiteltävien yksiköiden lukumäärää ja niiden fyysistä käsittelyä, helpottaa lastiyksiköiden automaattista tunnistusta ja lastien paikannusta ja siten vähentää manuaalista tiedonhallintatarvetta. Tiedonhallinnan tehostamistarve voi tuoda mukanaan radikaaleja muutoksia lastinkulun fyysiseen organisointiin. Se saattaa muunmuassa ohjata pois tiedonhallintamielessä tehottomista laivan lastinkäsittelymenetelmistä.

Ehkä jonkinlaisena ennakkoaavistuksena tulevasta kehityksestä, Suomessa vaikuttaa tällä hetkellä olevan meneillään konkreettisia hankkeita myös aluksiin sijoitettavan lastinkäsittelyn automatisoinnissa.



## Lähdeluettelo:

- von Bagh, Antero *Vesitiekuljetukset*. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu, Tuotantotalouden osasto, Lappeenranta, 1988.
- Ojala L. *Strategic Management of Port Operations, A Theoretical Review of the Concepts of Strategic Management with Some Practical Applications to Main General Cargo Ports in Finland*, Publications from the Center for Maritime Studies University of Turku, A 8, 1991. Ojala, 1991, s.13
- Tekes *Paperin käsittely- ja kuljetus 2000 1992-1996, loppuraportti*. Teknologia-ohjelmaraportti 14/96, Helsinki 1996. Toimittaneet Permala A. ja Malmivuo M..
- Patentti- ja rekisterihallituksen patenttirekisteri.
- Pertovaara, Heikki, Lehvonen, Risto *Vesiliikenne*. Teknillinen korkeakoulu, Liikennetekniikka, Otaniemi, 1984.
- Wijnolst, N., van der Hoeven, H.B., Kleijwegt, C.J., Sjöbris, A. *Innovation in Shortsea Shipping: Self-Loading and -Unloading Unitload Systems. S-Curve shift in the handling of unitloads*. Delft University Press, Delft, Netherlands, 1993.